



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PLANEJAMENTO OPERACIONAL PARA EXECUÇÃO DOS  
SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS  
COMBUSTÍVEL**

**Adriano Oliveira Matos**

São Carlos  
2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PLANEJAMENTO OPERACIONAL PARA EXECUÇÃO DOS  
SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS  
COMBUSTÍVEL**

**Adriano Oliveira Matos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

**Área de Concentração:** Sistemas Construtivos de Edificações

**Orientador:** Prof. Dr. José Carlos Paliari

São Carlos  
2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M433po

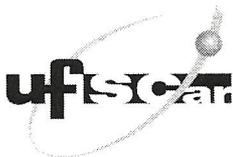
Matos, Adriano Oliveira.

Planejamento operacional para execução dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível / Adriano Oliveira Matos. -- São Carlos : UFSCar, 2011. 171 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Planejamento estratégico. 2. Produtividade. 3. Sistemas prediais. I. Título.

CDD: 658.4012 (20<sup>a</sup>)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil  
Rod. Washington Luís, Km 235  
13565-905 – São Carlos – SP  
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262  
e-mail: [ppgciv@ufscar.br](mailto:ppgciv@ufscar.br) site: [www.ppgciv.ufscar.br](http://www.ppgciv.ufscar.br)

---

**“MÉTODO PARA PLANEJAMENTO OPERACIONAL DA EXECUÇÃO DOS SISTEMAS  
PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL.”**

**ADRIANO OLIVEIRA MATOS**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em trinta de junho de 2011.

Banca Examinadora constituída pelos membros:

---

**Prof. Dr. José Carlos Paliari**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Orientador

---

**Prof.ª Dr.ª Sheyla Mara Baptista Serra**  
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar  
Examinadora Interna

---

**Prof. Dr. José de Paula Barros Neto**  
Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil/Pós-Graduação em  
Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil/PEC/UFC  
Examinador Externo

*DEDICATÓRIA*

---

Dedico este trabalho à minha esposa Marysa, por quem  
meus olhos brilham sempre que a veem.  
Aos meus pais Emanuel e Sonia, aos meus irmãos  
Sandra, André e Cândida.

## AGRADECIMENTOS

---

Quero expressar meus agradecimentos aos que sempre e durante todo o período, desde que iniciei essa jornada, contribuíram muito para que eu chegasse aonde não imaginei que chegaria.

A Deus e meus amigos protetores, que nos momentos mais difíceis, mesmo na minha pequena fé, me auxiliaram e indicaram os caminhos seguros.

Ao Professor Paliari, meu orientador, que mesmo com tantas atribuições e preocupações, contribuiu efetivamente com seu conhecimento no desenvolvimento desse trabalho. Com seu jeito fraterno, que lhe é peculiar, conseguiu eliminar meu jeito desconfiado. Foi um prazer ter convivido contigo. Muito obrigado!

À CAPES, pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do PPGCiv, Professora Sheyla Serra, Professor Guilherme Parsekian, Professor Simar Amorim pelos grandes conhecimentos transmitidos. Em especial ao Professor Almir Sales, que me orientou conjuntamente com o Professor Paliari no Programa de Estágio Supervisionado de Capacitação Docente (PESCD), exemplo de pessoa bem humorada e cortês. Em especial também ao Professor Celso Novaes; foi um privilégio frequentar suas aulas, não só nessa minha etapa, seu rico conhecimento e suas avaliações criteriosas contribuíram valorosamente. Solange Damha, pela presteza com que sempre me ajudou quando solicitada.

Ao meu grande Amigo e irmão Sandro, conhecido de longo tempo! Já faz 35 anos que nos conhecemos. Quando avisei que iria para São Carlos você me ajudou muito, a chegar e estabelecer em uma cidade tão diferente. Amigão! Valeu! Você, sempre solícito comigo.

Aos amigos Daniel, Vinicius, Gustavo e Andra, com quem convivi na República Federativa de Sergipe. Aceitaram um baiano, mais um irmão nordestino. Com cada um de vocês aprendi muito. Daniel "Chewbacca", uma figura, muito tranquilo, uma paciência sem tamanho, adorava ouvi-lo rir com desenho animado; imagino ainda um gigante rindo igual a uma criança. Vinicius, um parceiro de debates políticos, um autêntico cabra-arretado, muitas gaitadas demos juntos de/com "Chew". Gustavo e Andra ... Gustavo grande "chef gastronômico", sempre de bom humor e Andra, gente boa e maior representante de Itabaianinha, a terra de anões; assumiu meu posto de diretor da República.

Aos amigos vizinhos da casa ao lado "República de Fortaleza", Michael Viana, Chagas e Rerisson, o primeiro conhecido como "Lambe", o segundo "Fura-olho" e Rerinho, o cara que até aos domingos ia para a biblioteca. Quando vocês voltaram para Fortaleza

depois do primeiro ano de Mestrado, descobri que estava na hora de voltar para casa também, a vizinhança ficou menos divertida.

Aos amigos do PPGCiv Adriana, Carla, Edgar, Fernando e Nathália, turma boa de debates. Adriana sempre paciente com meu mau humor. Me desculpe pelas chatices e siga em frente sempre. Carla, grande Carla, gente boa demais, grande representante da região norte, Fernando e Edgar, não tem como não serem citados juntos, um a tranquilidade em pessoa e o outro sempre elegante. Abração. E a grande Nathália, tão grande quanto a cidade de Monte Mor. Como era disciplinada, não havia um só dia em que não escrevesse algo; valia sempre a pena conversar com você.

Aos amigos do PPGCiv André, Thiago, Victor e Michael. O que dizer dessa turma? André, um parceirão, quanta paciência em ouvir minhas reclamações e histórias chatas. Victor "Jamaica", esse realmente uma grande figura, um verdadeiro malandro. Me surpreendia com suas aventuras; a maior delas foi levar uma coroa ao *knockout*. Thiago foi o primeiro com quem tive contato em São Carlos, mesmo sendo meu concorrente direto no processo de seleção do PPGCiv ainda me deu confiança. É ser muito gente boa! *Michael Madekwe, my good Nigerian friend, always likeable and impeccable English, where did you learn to speak English? impossible someone not confuse you with Morgan Freeman. You deserve everything good.*

Aos pais e irmãos, cada um contribuiu com sua característica de personalidade mais marcante. Sempre perseverar novos sonhos, manter a melhor regra de conduta, ser humorado mesmo com a adversidade, ouvir e seguir nossos sentimentos e, por fim, ouvir e seguir nossa razão.

À minha querida esposa e namorada Marysa, o que dizer de você? Seu bom humor, suas palavras de incentivo me ajudaram. Muitas conversas via web e nenhuma diminuía a saudade; eram horas intermináveis de viagem de volta para sentir seu cheiro. Vamos casar novamente?

À mim apenas um conselho: não sejas tão exigente consigo. Ficou bom? Talvez. Poderia ter ficado melhor? Talvez. Mas lembra-te, MUITOS sacrifícios e desafios foram feitos até aqui.

Obrigado! Obrigado! Obrigado, vocês me ajudaram muito.

“[...] Depois de algum tempo você aprende a diferença [...]

Aprende que as circunstâncias e os ambientes têm influência sobre nós, Mas nós somos responsáveis por nós mesmos.

Começa a aprender que não se deve comparar com os outros, mas com o melhor que pode ser [...]

E você aprende que realmente pode suportar...

Que realmente é forte,

E que pode ir muito mais longe

Depois de pensar que não se pode mais.

E que realmente a vida tem valor

E que você tem valor diante da vida!

Nossas dúvidas são traidoras

E nos fazem perder

O bem que poderíamos conquistar

Se não fosse o medo de tentar [...]

After a While (adaptação)  
Verônica Shoffstal

## RESUMO

---

MATOS, Adriano Oliveira. **Planejamento operacional para execução dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível**. 2011. 171f. (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

Num mercado de construção civil cada vez mais competitivo e potencializado com o crescente aumento da escassez de mão de obra qualificada para a execução dos serviços, o correto dimensionamento das equipes de execução destes com base em dados de produtividade da mão de obra factíveis e representativos de cada empresa construtora torna-se uma estratégia importante na superação destes desafios impostos atualmente. Dentre os serviços de construção, merecem destaques aqueles relacionados aos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível pelo fato de, muitas vezes, as equipes de trabalho serem dimensionadas de forma empírica. Assim, este trabalho tem como objetivo a proposição de um método para o planejamento operacional da execução destes serviços com base no estabelecimento de metas de produtividade da mão de obra e da programação das atividades das equipes dentro dos prazos previstos de acordo com o cronograma da obra. O método proposto é dividido em três etapas principais: (a) diagnóstico da produtividade da mão de obra vigente; (b) dimensionamento das equipes de execução e planejamento ao nível operacional contendo a programação das atividades de cada equipe ao longo do prazo estipulado para execução dos serviços e (c) controle da produtividade em função das metas estabelecidas. O método foi aplicado em um canteiro de obras, especificamente na execução dos ramais de água fria e na execução dos ramais de esgoto sanitário localizados nos ambientes molháveis de duas torres de edifício residencial de múltiplos pavimentos. Os resultados obtidos com a aplicação do método nestes dois serviços foram satisfatórios, ocasionando uma melhoria da produtividade da mão de obra (RUP cumulativa) na execução destes serviços na ordem de 20,1% e 27,7%, respectivamente.

**Palavras-chave:** Planejamento. Produtividade da mão de obra. Sistemas prediais hidráulicos, sanitário e de gás combustível.

## ABSTRACT

---

MATOS, Adriano Oliveira. **PLANNING FOR IMPLEMENTATION OF OPERATING SYSTEMS HYDRAULIC BUILDING, FUEL GAS AND SANITARY**. 2011. 171f. (Master's Dissertation on Civil Construction) – Federal University of São Carlos, São Carlos, SP, Brazil, 2011

In an increasingly competitive civil construction market affected by the ever greater shortage of skilled construction labor, the correct calculation of work team size based on labor productivity data that are feasible and representative of each construction company is an important strategy for overcoming today's challenges. Construction work includes hydraulic and sanitary sewer systems and piped cooking gas installations for buildings, due to the fact that work team size is often calculated empirically. Thus, the objective of this work is to propose a method to calculate the size of teams for the execution of these systems, based on goals of labor productivity and operational planning for the execution of these services, by allocating the members of the teams to the jobs programmed within the timetable foreseen in the work schedule. The proposed method is divided into three main stages: (a) diagnosis of current labor productivity; (b) calculation of work team size and planning at operational level, involving programming of the activities of each work team over the period stipulated for the execution of the work; and (c) control of productivity according to the established goals. The method was applied at a construction site, specifically during the execution of the cold water supply systems and the sanitary sewer systems located in the wet environments of two multistorey residential towers. The method produced satisfactory results, improving labor productivity in the execution of the cold water supply systems by 20.1% and in that of the sanitary sewer systems by 27.7%.

**Keywords:** Planning. Labor productivity. Hydraulic and sanitary sewer systems and piped cooking gas installations in buildings.

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AF	Água Fria
AQ	Água Quente
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CPVC	Cloreto de Polivinila Clorado
EAP	Estrutura Analítica de Partição de Projeto
H	Homens
h	Horas
Hh	Homens-horas
NBR	Norma brasileira
PEX	Polietileno Reticulado por Peróxido
PPMO	Perda de Produtividade da Mão de Obra
PPR	Polipropileno Copolímero Random
PVC	Cloreto de Polivinila
QS	Quantidade de Serviço
RUP	Razão Unitária de Produção
RUPcum	Razão Unitária de Produção Cumulativa
RUPpot	Razão Unitária de Produção Potencial
SPAF	Sistema Predial de Água Fria
SPAQ	Sistema Predial de Água Quente
SPES	Sistema Predial de Esgoto Sanitário
SPGC	Sistema Predial de Gás Combustível
SPHS	Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários
SPHSGC	Sistemas Prediais Hidráulicos, Sanitários e Gás de Combustível
SPPCI	Sistema Predial de Prevenção e Combate a Incêndios
WBS	Work Breakdown Structure

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 - Fluxograma das atividades do método de pesquisa .....	26
Figura 2 - O processo do planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).....	33
Figura 3 - Cronograma de barras .....	43
Figura 4 - Gráfico de Linha de Balanço .....	44
Figura 5 - Representação da programação por Linha de Balanço .....	45
Figura 6 - Representação de uma atividade pelo diagrama de flechas .....	46
Figura 7 - Representação de atividades pelo diagrama de blocos, ligações dos tipos início- início (a), início-término (b), término-início (c) e término-término.....	46
Figura 8 - Processo físico de transformação de entradas em saídas (SOUZA, 2000).....	48
Figura 9 - Representação gráfica das RUP diárias, cumulativa e potencial .....	51
Figura 10 - Fatores que afetam a produtividade da mão de obra (SOUZA; ARAÚJO, 2001)	54
Figura 11 - Previsão da produtividade no âmbito do planejamento e tomada de decisões (SOUZA, 2006) .....	55
Figura 12 - Faixa de produtividade variável e seus fatores de influência (adaptado de SOUZA, 2006).....	58
Figura 13 – Exemplo de execução de coluna de distribuição, e futura instalação de múltiplos hidrômetros por pavimento de uma obra em execução. ....	71
Figura 14 – Representação dos elementos ramal (em azul) e sub-ramal (em vermelho).....	72
Figura 15 – SPES com ventilação primária e secundária (planta) .....	74
Figura 16 - Válvula de admissão de ar sobre tubo de queda (AMORIM, 2000).....	75
Figura 17 - Válvula de admissão no ramal de esgoto (AECweb, 2010) .....	75
Figura 18 – Retrabalho da execução por falha de marcação na passagem de tubulação .....	87
Figura 19 – Falta de previsão de ralo nas cozinhas dos apartamentos geminados.....	87
Figura 20- Exemplo de execução fora das especificações do fabricante .....	88
Figura 21 – Exemplo de tecnologias construtivas dos SPHS, (a) Tradicional; (b) Racionalizada; (c) Pré-fabricada; (d) Industrializada.....	89
Figura 22 – (a) e (b) são exemplo de execução de passagem de tubulações nas estruturas durante a concretagem.....	90
Figura 23 – Exemplo de execução de passagem de tubulação após concretagem .....	90
Figura 24 - Exemplos de execução de passagens após concretagem (a) utilizando furadeira e (b) utilizando marreta e ponteiro .....	91
Figura 25 – Representação de tubulação embutida na parede utilizando <i>shaft</i> .....	91

Figura 26 – Exemplo de marcação, corte e rasgo em paredes de alvenaria .....	92
Figura 27 – Exemplo de cortes para assentamento de tubulações em paredes pré-moldadas em concreto .....	92
Figura 28 – Representação de sequência de execução de elemento sanitário no ambiente molhável: (a) marcando, (b) cortando, (c) lixando e (d) colando.....	93
Figura 29 – Exemplo de processo de produção de elementos sanitários nos ambientes molháveis.....	93
Figura 30 – Exemplo de <i>kits</i> sanitários fabricados em uma central .....	94
Figura 31 – Exemplo de (a) romaneio de <i>kit</i> sanitário com croqui e (b) molde piloto.....	94
Figura 32 – Exemplo de sugestão de espaçamento entre a fixação das tubulações .....	95
Figura 33 – Representação da utilização de pinos e fitas de aço para fixação das tubulações: (a) Geral; (b) Detalhe.....	96
Figura 34 – Representação de fixação de tubulação utilizando sobra de material .....	96
Figura 35 – Representação de fixação de tubulação de PVC em paredes com argamassa de gesso .....	97
Figura 36 – Fluxograma das etapas do método .....	101
Figura 37 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtarefas.....	104
Figura 38 – Estratégia de execução em paralelo .....	105
Figura 39 - Estratégia de execução em série .....	106
Figura 40 - Descrição dos procedimentos de coleta do longo do período de coleta de dados	108
Figura 41- Representação gráfica das RUP diárias, cumulativa e potencial .....	112
Figura 42 -Locação de equipe pela técnica de diagrama de Gantt (CUNHA; PALIARI, 2010) .....	119
Figura 43 -Locação de equipes pela técnica de Linha de balanço (VARGAS E OUTROS, 1998).....	120
Figura 44 - Sugestão de modelo de cartão de ordem de serviço .....	122
Figura 45 - Sugestão de modelo de planilha de controle de serviço .....	123
Figura 46 - Empreendimento escolhido para o estudo de caso .....	125
Figura 47 -Representação do pavimento tipo .....	125
Figura 48 -Equipamento utilizado para corte e rasgo da alvenaria de gesso.....	127
Figura 49 -Representação de esquema semelhante a saída dos ramais da coluna de distribuição (MATOS; PALIARI, 2010).....	131

Figura 50 -Representação dos trechos dos ramais de distribuição do SPAF no pavimento tipo sobre projeto da obra .....	132
Figura 51 - Representação dos <i>kits</i> de execução do sub-ramal dos banheiros do pavimento tipo .....	133
Figura 52 - Representação dos <i>kits</i> do sub-ramal da cozinha e área de serviço dos pavimentos tipo .....	134
Figura 53 -Representação dos ramais dos banheiros suíte e social das colunas 1 e 4 do pavimento tipo da obra .....	136
Figura 54 - Representação dos ramais dos banheiros suíte e social das colunas 2 e 3 do pavimento tipo da obra .....	137
Figura 55 - Representação dos ramais das cozinhas e áreas de serviço das colunas 1 a 4 do pavimento tipo da obra .....	137
Figura 56 - Gráfico das RUPs diárias, RUP cumulativa e RUP potencial da execução dos sub-ramais de água fria nos apartamentos.....	142
Figura 57 - Gráfico das RUPs diárias, RUP cumulativa e RUP potencial da execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos.....	144
Figura 58 - Gráfico de distribuição das horas diárias produtivas e improdutivas das equipes de execução .....	146
Figura 59 - Faixa de produtividade da mão de obra na execução dos ramais e sub-ramais de água fria considerando os dois cenários - (SPAF).....	150
Figura 60 - Faixa de produtividade da mão de obra na execução dos ramais e sub-ramais de esgoto sanitário considerando os dois cenários (SPES) .....	150
Figura 61- Primeiro dia da programação semanal das subtarefas do SPAF do Estudo de Caso utilizando a técnica de Linha de Balanço .....	157
Figura 62 - Primeiro dia da programação dos subtarefas do SPES do Estudo de Caso utilizando a técnica de Linha de Balanço .....	158
Figura 63 - Gráfico das RUPs diárias, cumulativas e potencial da execução programada dos sub-ramais de distribuição de água fria nos apartamentos .....	159
Figura 64 - Gráfico das RUPs diárias, cumulativas e potencial da execução programada dos sub-ramais de distribuição de ramais de coleta e transporte do esgoto sanitário nos apartamentos .....	160

## *LISTA DE QUADROS*

---

Quadro 1 - Classificação de pesquisa segundo Leopardi (2002).....	23
Quadro 2 - Cinco diferentes estratégias de pesquisa (adaptado de YIN, 2009) .....	24
Quadro 3 - Níveis hierárquicos do planejamento (adaptado de BOFF, 2001; FACHINI, 2005) .....	34
Quadro 4 – Estudos realizados sobre produtividade e seus objetivos .....	61
Quadro 5 - Exemplo de insumos, Sistemas prediais e Subsistemas (adaptado de PALIARI, 2008; FARINA, 2002).....	65
Quadro 6 - Elementos dos sistemas prediais de suprimento de água fria (PALIARI, 2008) ...	68
Quadro 7 – Forma de partição de projeto .....	103
Quadro 8 – Planilha de levantamento de dados: quantitativo de projetos.....	110
Quadro 9 – Planilha de coleta de dados no canteiro de obras: quantidade de serviço executada e homens-hora demandados.....	110
Quadro 10 – Planilha de processamento de dados associada a planilha de coletas.....	111
Quadro 11 – Exemplo de processamento de dados da obra do Estudo Piloto.....	111
Quadro 12 – Comparação entre possíveis RUPs, quantidade serviço da unidade básica e Homens-hora .....	116
Quadro 13 – Cálculo da equipe necessária da unidade básica para cada RUP .....	117
Quadro 14 - Partição das atividades de execução dos sistemas prediais em Sistemas, Subsistemas, Tarefas e Subtarefas.....	129
Quadro 15 – Levantamento quantitativo da coluna de alimentação, ramais e sub-ramais do SPAF dos apartamentos.....	135
Quadro 17 – RUPs diárias, RUP cumulativa, RUP potencial e PPMO na execução dos sub- ramais de água fria nos apartamentos.....	141
Quadro 18 - RUPs diárias, RUP cumulativa, RUP potencial e PPMO na execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos .....	143
Quadro 19 – Comparação de custos salariais produtivos e improdutivo por função e total.	147
Quadro 20 – Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos sub- ramais de água fria nos apartamentos considerando apenas o tempo produtivo.....	148
Quadro 21 - Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos considerando apenas o tempo produtivo.	149
Quadro 22 - RUP Adotada para o planejamento operacional da execução do SPAF e SPES	152

Quadro 23 – Quantidade de pavimento para equipe demandada durante 44 horas semanais no SPAF e SPES.....	153
Quadro 24 – Quantidade de pavimento para equipe demandada durante 44 horas semanais no SPAF e SPES.....	154
Quadro 25 – Cálculo das durações das subtarefas do SPAF para o 1º dia de programação ..	155
Quadro 26 – Acertos nas durações das subtarefas do SPAF para o 1º dia de programação ..	156
Quadro 27 - Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos sub-ramais de distribuição de água fria nos apartamentos após a realização do planejamento operacional.....	159
Quadro 28 - Indicadores de produtividade programada da mão de obra e PPMO para a execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos após a realização do planejamento operacional.....	160
Quadro 29 – Comparativo entre produtividade e PPMO antes e depois do planejamento operacional da execução do SPAF .....	161
Quadro 30 – Comparativo entre produtividade e PPMO antes e depois da programação da mão de obra do SPES .....	161

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1 Problema de Pesquisa.....	18
1.2 Questão de Pesquisa .....	22
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo Principal.....	22
1.3.2 Objetivos Específicos .....	22
1.4 Método de Pesquisa .....	23
1.4.1 Classificação .....	23
1.4.2 Fluxograma de Atividades.....	25
1.4.3 Detalhamento das Atividades .....	27
1.5 Estruturação do Trabalho .....	28
<b>2. PLANEJAMENTO OPERACIONAL .....</b>	<b>30</b>
2.1 Conceituação de Planejamento no Processo da Produção de Edificações .....	30
2.2 Classificação dos Níveis Hierárquicos do Planejamento .....	34
2.2.1 Planejamento Estratégico .....	35
2.2.2 Planejamento Tático .....	36
2.2.3 Planejamento Operacional.....	37
2.3 Importância do Planejamento de Obras e sua Metodologia.....	38
2.3.1 Importância do Planejamento Operacional.....	38
2.3.2 Metodologia do Planejamento Operacional .....	40
2.4 Técnicas de Programação e Controle da Produção.....	42
2.4.1 Técnica do Cronograma de Barras ou Gráfico de Gantt .....	42
2.4.2 Técnica da Linha de Balanço.....	43
2.4.3 Técnica de Diagrama de Redes .....	45
2.5 Considerações finais acerca do capítulo .....	46
<b>3. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA.....</b>	<b>48</b>
3.1 Definição de Produtividade .....	48
3.2 Indicador Utilizado para Mensuração da Produtividade.....	49
3.3 Classificação dos Indicadores de Produtividade da Mão De Obra.....	50
3.4 Modelo dos Fatores.....	53
3.5 Importância do Estudo da Produtividade da Mão De Obra .....	54
3.6 Modelos de Previsão da Produtividade da Mão de Obra .....	57
3.6.1 Modelo Tradicional .....	57
3.6.2 Modelo Inovador .....	58
3.6.3 Modelo Analítico.....	59
3.7 Estudos Realizados .....	60
3.8 Considerações finais acerca do capítulo .....	62
<b>4. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL</b>	

<b>4.1</b>	<b>Definições e Classificações .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2</b>	<b>Sistema Predial de Água Fria (SPAF) .....</b>	<b>66</b>
4.2.1	Definição .....	66
4.2.2	Classificação .....	66
4.2.3	Subsistemas .....	68
<b>4.3</b>	<b>Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES) .....</b>	<b>72</b>
4.3.1	Definição .....	72
4.3.2	Classificação .....	73
4.3.3	Componentes dos SPES .....	76
<b>4.4</b>	<b>Sistema Predial de Água Pluvial (SPAP).....</b>	<b>78</b>
4.4.1	Definição .....	78
4.4.2	Elementos .....	78
<b>4.5</b>	<b>Sistema Predial De Água Quente (SPAQ).....</b>	<b>79</b>
4.5.1	Definição .....	79
4.5.2	Classificação .....	79
4.5.3	Elementos .....	80
<b>4.6</b>	<b>Sistema Predial de Prevenção e Combate a Incêndio (SPPCI) .....</b>	<b>81</b>
4.6.1	Definição .....	81
4.6.2	Subsistema Fixo sob Comando por Hidrante .....	81
4.6.3	Elementos .....	82
<b>4.7</b>	<b>Sistema Predial de Gás Combustível (SPGC).....</b>	<b>82</b>
4.7.1	Definição .....	82
4.7.2	Subsistemas .....	83
4.7.3	Elementos .....	83
<b>4.8</b>	<b>Especificação dos Materiais Empregados .....</b>	<b>84</b>
4.8.1	PVC .....	84
4.8.2	Cobre .....	85
4.8.3	Ferro .....	85
4.8.4	CPVC.....	85
4.8.5	Polipropileno Copolímero Randon (PPR) .....	86
4.8.6	Polipropileno Reticulado (PEX).....	86
<b>4.9</b>	<b>Execução .....</b>	<b>86</b>
4.9.1	Marcação .....	89
4.9.2	Corte e Rasgo .....	90
4.9.3	Montagem dos Elementos Hidráulicos.....	92
4.9.4	Fixação .....	95
<b>4.10</b>	<b>Execução do SPaq.....</b>	<b>97</b>
<b>4.11</b>	<b>Execução do SPpCI .....</b>	<b>98</b>
<b>4.12</b>	<b>Execução do SPgc .....</b>	<b>98</b>
<b>4.13</b>	<b>Considerações Finais Acerca do Capítulo.....</b>	<b>98</b>
<b>5.</b>	<b>MÉTODO PARA PLANEJAMENTO OPERACIONAL DA EXECUÇÃO DOS SPHSGC.....</b>	<b>99</b>
<b>5.1</b>	<b>Premissas .....</b>	<b>99</b>
<b>5.2</b>	<b>Etapas do Método .....</b>	<b>100</b>

<b>5.3</b>	<b>Etapa A - Diagnóstico.....</b>	<b>101</b>
5.3.1	Visão Sistêmica dos Serviços .....	103
5.3.2	Coleta de Dados sobre Produtividade da Mão de Obra.....	106
5.3.3	Processamento dos Dados sobre Produtividade da Mão de Obra .....	111
<b>5.4</b>	<b>Etapa B - Programação .....</b>	<b>112</b>
5.4.1	Reunião de Avaliação da Situação Vigente.....	112
5.4.2	Redefinição dos Parâmetros de Programação .....	113
5.4.3	Alocação da Equipe e Programação dos Serviços ao Longo do Ciclo de Produção 117	
<b>5.5</b>	<b>Etapa C - Controle da Programação .....</b>	<b>121</b>
<b>6.</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>124</b>
<b>6.1</b>	<b>Empresa .....</b>	<b>124</b>
<b>6.2</b>	<b>Características da Obra .....</b>	<b>124</b>
<b>6.3</b>	<b>Características dos SPHSGC.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.1	SPAF.....	131
6.3.2	SPES e spAP.....	136
6.3.3	SPPCI .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
6.3.4	SPGC .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>6.4</b>	<b>Aplicação do Método Proposto.....</b>	<b>126</b>
6.4.1	Reunião Preliminar .....	126
6.4.2	Constituição da Equipe de Execução e sua Organização .....	126
6.4.3	Visão Analítica da Execução dos Serviços.....	127
6.4.4	Diagnóstico da Produtividade Vigente .....	130
6.4.5	Reunião de Avaliação .....	146
6.4.6	Dimensionamento das Equipes.....	151
6.4.7	Alocação das Equipes e Programação das Atividades ao Longo do Ciclo de Produção .....	154
6.4.8	Controle .....	158
<b>6.5</b>	<b>Considerações finais acerca do capítulo .....</b>	<b>161</b>
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>163</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>166</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Problema de Pesquisa

Existem alguns aspectos que caracterizam as empresas no mercado competitivo em que atuam e, entre eles, talvez o que mais diferencia uma empresa das demais na indústria da Construção Civil seja a estratégia adotada. Para poder estabelecer uma posição de destaque ou de liderança na atividade econômica que exercem no mercado, as empresas da Construção Civil adotam estratégias competitivas que melhor se adaptem e as diferenciem das demais. Para Porter (1991) as empresas podem utilizar três formas de abordagens estratégicas genéricas para criar uma posição defensável em longo prazo, e superar os concorrentes na indústria em que atuam: estratégia de diferenciação, de liderança no custo total e de enfoque.

A estratégia de diferenciação, no entendimento do autor, as empresas, quando consolidadas no mercado por essa estratégia, podem valorizar o preço do produto visto que os clientes se dispõem a arcar com tais preços em detrimento ao *status* que o produto lhes confere.

Já a estratégia de liderança no custo total põe a empresa em uma posição vantajosa em relação aos produtos semelhantes ofertados no mercado pelos seus concorrentes.

Por último, a estratégia de enfoque visa a atender melhor as necessidades do seu público alvo e, dessa forma, se diferenciando pela qualidade, ou pelo custo ou ambos.

Na Construção Civil, como em qualquer outra indústria, independentemente da adoção de uma destas estratégias genéricas, as empresas enfrentarão concorrentes preparados na tentativa de superar seus produtos, equacionando as duas das maiores exigências do cliente: maior qualidade estética e funcional e menor preço.

No que diz respeito à qualidade do produto, requisito nas estratégias de diferenciação ou de enfoque, recentemente os empreendimentos estão parametrizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2008) Norma NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho e leis, tal como a lei nº 8078, conhecida como Código de Defesa do Consumidor (CDC). A NBR 15575 (ABNT, 2008) expressa, no seu escopo, procedimentos para avaliar o desempenho em uso dos sistemas construtivos enquanto que o CDC garante aos consumidores, no seu Art. 4º; Parágrafo III; Item D,

produtos e serviços com padrões de qualidade, segurança, durabilidade e desempenho. Em outras palavras, as empresas incorporadoras e/ou construtoras estarão orientadas por leis e normas, o que garante, de certa forma, uma satisfação mínima ao cliente.

Em busca da conservação do posicionamento competitivo na satisfação do cliente, as empresas recorrem a investimentos na implantação e manutenção dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), tornando esse investimento mais um custo no orçamento do produto. Para Librelotto e outros (1998), não há sentido grandes investimentos em Programas de Gestão da Qualidade Total e repassar tal custo ao consumidor final.

A preocupação com o preço ao cliente final, dentro do foco da estratégia da liderança do custo total, leva aos empresários a reavaliarem seus valores de fabricação diretos e indiretos. Segundo Kliemann (2004), dentro da lógica tradicional capitalista, para a composição de preço de qualquer produto, para obtê-lo parte-se do custo e adiciona-se a margem de lucro. Em outras palavras, esta lógica conhecida como Princípio do Custeio fica representada matematicamente pela equação:  $\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro}$ .

Mais recentemente, na década de 90, essa equação foi rearranjada. Segundo Shingo (1996), o mercado é quem decide o preço de venda do produto, ou seja, o lucro é o que resta depois de subtraído o custo desse preço final. Por esta lógica, a única forma de aumentar o lucro consiste em reduzir o custo, o que o autor denomina de Princípio do não-custo. Dessa forma a equação fica:  $\text{Preço de venda} - \text{Custo} = \text{Lucro}$ . Dentro deste novo entendimento as empresas passam a se esmerarem em seus processos de produção no sentido de reduzir seus custos.

Na Construção Civil as empresas possuem dois sistemas de administração dos custos. O primeiro é o sistema de administração central que envolve o custo empresarial (administrativo, comercial e financeiro) e o outro é o sistema de administração de produção, que são os custos de produção (materiais, mão de obra, equipamentos, custos gerais diretos e indiretos) (LIBRELOTTO, 1998). O domínio do custo de produção é o meio eficaz pelo qual as empresas alcançam seus objetivos quando adotam qualquer uma das três estratégias, mas principalmente de liderança pelo custo total.

A relação entre o custo de um produto e seu processo de produção está intensamente ligada ao domínio da empresa em transformar, de forma eficaz<sup>1</sup>, os seus recursos de entrada em produtos de saída dentro do processo de transformação. Para Souza (2000), no processo de transformação, os recursos físicos (materiais, equipamentos e mão de obra) são processados agregando valor ao produto gerado.

---

<sup>1</sup> Para esse pesquisador o conceito de eficaz, dentro do processo de produção, consiste em fazer as coisas com eficiência e qualidade. Conceito que atinge os objetivos das três estratégias de Porter (1991).

Em vista do exposto sobre a importância da redução de custo de produção, objetivando a garantia de um posicionamento defensável no mercado competitivo através de ações durante a produção, pode-se dizer que esse processo de tomar decisões e agir, focado em metas que garantam objetivos maiores é o ato de planejar, assim conceituado por muitos autores. Conclui-se, dessa forma, que o planejamento é um importante processo de gestão da produção.

Para Alves e Formoso (2001), assim como para a maioria dos pesquisadores da área de gestão, o planejamento está hierarquizado em três níveis distintos: planejamento de longo prazo (do empreendimento ou estratégico), planejamento de médio prazo (ou tático) e planejamento de curto prazo (operacional ou comprometimento). Fachini e Souza (2006) entendem que o planejamento operacional pode intervir no processo executivo, reavaliando, e redirecionando os objetivos, se necessário. Em vista da importante influência que o planejamento operacional pode exercer sobre o processo de produção, tanto Souza (2006) quanto Assumpção (1996) identificam que tal influência ocorre pela composição do planejamento operacional em programação e controle.

Para Fachini e Souza (2006), a programação no nível de produção segue um conjunto de instruções, denominada pelos autores de diretrizes: definição das atividades a serem realizadas; sequenciamento das atividades; produtividade; duração do ciclo de produção e as equipes demandadas; e alocação das equipes.

A etapa de definição das atividades a serem realizadas pode ser desenvolvida através de ferramentas como WBS ou EAP<sup>2</sup>, que quebram os trabalhos em porções menores (serviços, tarefas e subtarefas) que possam ser melhor manipuláveis para a programação. A etapa seguinte, sequenciamento das atividades, é fundamental que se tenha o conhecimento do método construtivo e as prioridades de dependência que favorecem ou impedem as ligações entre as atividades.

Seguindo com os fatores que compõe a programação da produção sugerida por Fachini e Souza (2006), a variável produtividade é o elemento principal para uma programação detalhada. Para Souza (2006) quanto melhor forem as informações sobre a produtividade melhor será a qualidade da programação. A partir do seu levantamento e manutenção destes dados pelas empresas é possível a determinação de informações como duração do ciclo de produção, quantidade de serviço demandada para esse período e o número de operários necessários para executar a atividade.

Para poder entender a real dimensão da importância dos dados da produtividade, principalmente relativos à mão de obra, é preciso conceituá-la. Souza (2000) conceitua a

---

<sup>2</sup> WBS (Work Breakdown Structure), EAP (Estrutura Analítica de Partição de Projeto)

produtividade na Construção Civil como a eficiência do processo físico (construção de uma edificação) em transformar entradas em saídas. Sobre a importância dos estudos da produtividade da mão de obra, Souza (2006) entende que seja à base de um sistema de informações que se pode subsidiar a tomada de decisões por um gestor, pois tais informações dizem respeito ao planejamento que é um misto de programação e controle, como dito anteriormente.

Para Enshassi e outros (2007), a produtividade da mão de obra, conceituada da mesma forma que Souza, entende que devido a sua importância no planejamento de obra, recomenda-se que a empresa incorporadora e/ou construtora possua seu próprio banco de dados referentes a diferentes empreendimentos anteriores de similares características. Os autores entendem ainda que a produtividade seja um fator chave que, utilizada de forma inábil, pode comprometer o alcance das metas de projeto, sobretudo a margem de lucro.

Nesse contexto, dada a importância do estudo da produtividade para a programação da obra, e desta para o planejamento dos serviços, tanto para o controle do custo quanto para o processo de produção, é preciso identificar os serviços a acompanhar e avaliar dentro da obra. Para Souza (2006) é interessante analisar, dentro de um critério de prioridade listado pelo autor, serviços que utilizem maior quantidade de mão de obra. Entretanto, segundo o mesmo autor, quanto menos se tem domínio sobre um serviço mais se deve analisá-lo.

Dentre os serviços apontados por Souza (2006) como os usualmente estudados encontram-se os de fôrmas; armação; concretagem; assentamento de alvenaria; revestimento interno utilizando argamassa; contrapiso; revestimento de fachada utilizando argamassa; revestimento interno de paredes; e revestimento em gesso; assim, são exemplos de estudos sobre produtividade da mão de obra na execução dos serviços de fôrmas, armação concretagem e alvenaria, realizado por Araújo (2000); produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria realizado por Carraro (1998); no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas realizado por Librais (2001); revestimento interno de paredes e tetos em argamassa e em gesso realizado por Maeda (2002), dentre outros.

São inegáveis os avanços adquiridos nestas pesquisas ao ponto de quase esgotar o assunto. Entretanto, não é possível fazer essa afirmação quanto aos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível (SPHSGC)<sup>3</sup>, tornando essa constatação em

---

<sup>3</sup> A partir deste momento do texto, os sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível serão grafados pela sigla SPHSGC, exceto em partes do texto nos quais este autor considere que deva referenciá-los por extenso.

uma lacuna do conhecimento dentre os estudos já realizados, como afirmado por Paliari (2008).

Paliari e Souza (2007) acreditam que haja necessidade de estudos aprofundados a respeito da produtividade da mão de obra na execução nos SPHSGC que permitam estabelecer uma programação e controle de tais sistemas a fim de suprir a falta de gestão em tais serviços.

É neste contexto que se desenvolve esta dissertação de mestrado, que procura contribuir para a melhoria do desempenho da produtividade da mão de obra na execução destes sistemas prediais.

## **1.2 Questão de Pesquisa**

Diante do exposto anteriormente, formula-se a seguinte questão de pesquisa: Como realizar o planejamento operacional da execução dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Principal**

Desenvolver método para o planejamento operacional para execução dos serviços relacionados aos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível com base em indicadores de produtividade da mão de obra levando-se em consideração sua subdivisão em tarefas e subtarefas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Elaboração de procedimentos para o dimensionamento das equipes de execução dos serviços relacionados aos SPHSGC;
- Elaboração de procedimentos para programação de curto prazo para as equipes determinadas no dimensionamento;
- Aplicação do método proposto em um estudo de caso.

## 1.4 Método de Pesquisa

### 1.4.1 Classificação

O método de pesquisa é, assim como a técnica e o procedimento de pesquisa, o meio ou caminho pelo qual se alcança os objetivos, sendo o plano pelo qual se põe em destaque as articulações entre os meios e os fins, mediante uma ordenação lógica de procedimentos (LEOPARDI, 2002).

Segundo essa autora, toda pesquisa tem por finalidade gerar o conhecimento científico, o qual só é possível ser reconhecido como aceitável e verificável através de um método, o qual identifica os problemas e expõe à prova as soluções prometidas.

Toda pesquisa, através da investigação, induz o ser humano a procurar o saber da realidade sob os mais diversificados aspectos e dimensões. Essa procura pelo saber admite diferentes níveis de aprofundamento e enfoques específicos conforme o objetivo de estudo. Nesse entendimento de diferentes níveis de aprofundamento, existem vários tipos e classificações de pesquisa segundo diversos critérios, apresentados no Quadro 1 (LEOPARDI, 2002).

**Quadro 1 - Classificação de pesquisa segundo Leopardi (2002)**

Características		Tipo de pesquisa
Nome	Descrição	
Maneira de abordagem da pesquisa	Nesse tipo de Pesquisa as informações são traduzidas de forma quantitativas, qualitativas ou ambas	Quantitativa, Qualitativa e Quali-quantitativa
Finalidade dos resultados	Nesse tipo de pesquisa haverá soluções para problemas concretos ou intelectuais	Pura ou Básica e Aplicada ou Ativa
Quanto aos objetivos	A caracterização será possível pela familiarização do pesquisador com o problema, ou pela descrição de um fenômeno, ou ainda pela identificação de um fenômeno	Exploratória, Descritiva, Explicativas, Prospectiva e Retrospectiva
Quanto aos procedimentos de coleta	Nessa tipologia as Pesquisas são classificadas conforme a técnica utilizada	Experimental, Quase-Experimental, Não-Experimental, Ex-Post-Facto, Estudo de Caso, Pesquisa Participante, Pesquisa-Ação, Pesquisa Documental, Pesquisa Histórica e Pesquisa Metodológica
Quanto às fontes de informações	Nessa tipologia as pesquisas são classificadas pelo local de realização	Pesquisa de Campo, Pesquisa de Laboratório e Pesquisa Bibliográfica

Segundo Yin (2009), a escolha entre Pesquisa Experimental, Estudo de Caso, *Survey* ou pesquisa com aplicação de questionários, Pesquisa Histórica, Pesquisa Documental ou Análise de Arquivos acarreta diferentes caminhos de coleta e análise empírica de evidências. E cada um desses métodos possui suas próprias vantagens e desvantagens. Entretanto, ainda segundo o autor, as particularidades de cada método não permitem estabelecer uma nítida fronteira entre cada uma delas, possibilitando erro na escolha do método por parte do pesquisador. No Quadro 2 se disponibiliza uma forma prática de identificar o método, considerando os cinco mais comuns utilizados em pesquisas, e tendo como ponto de partida a questão de pesquisa.

**Quadro 2 - Cinco diferentes estratégias de pesquisa (adaptado de YIN, 2009)**

Método de pesquisa	Tipo de questão de pesquisa	Requer controle do comportamento da pesquisa?	Focaliza em eventos contemporâneos?
Estudo de caso	Como? Por quê?	Não	Sim
História	Como? Por quê?	Não	Não
Experimento	Como? Por quê?	Sim	Sim
Survey	Quem? O quê? Quantos? Onde?	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem? O quê? Quantos? Onde?	Não	Sim/Não

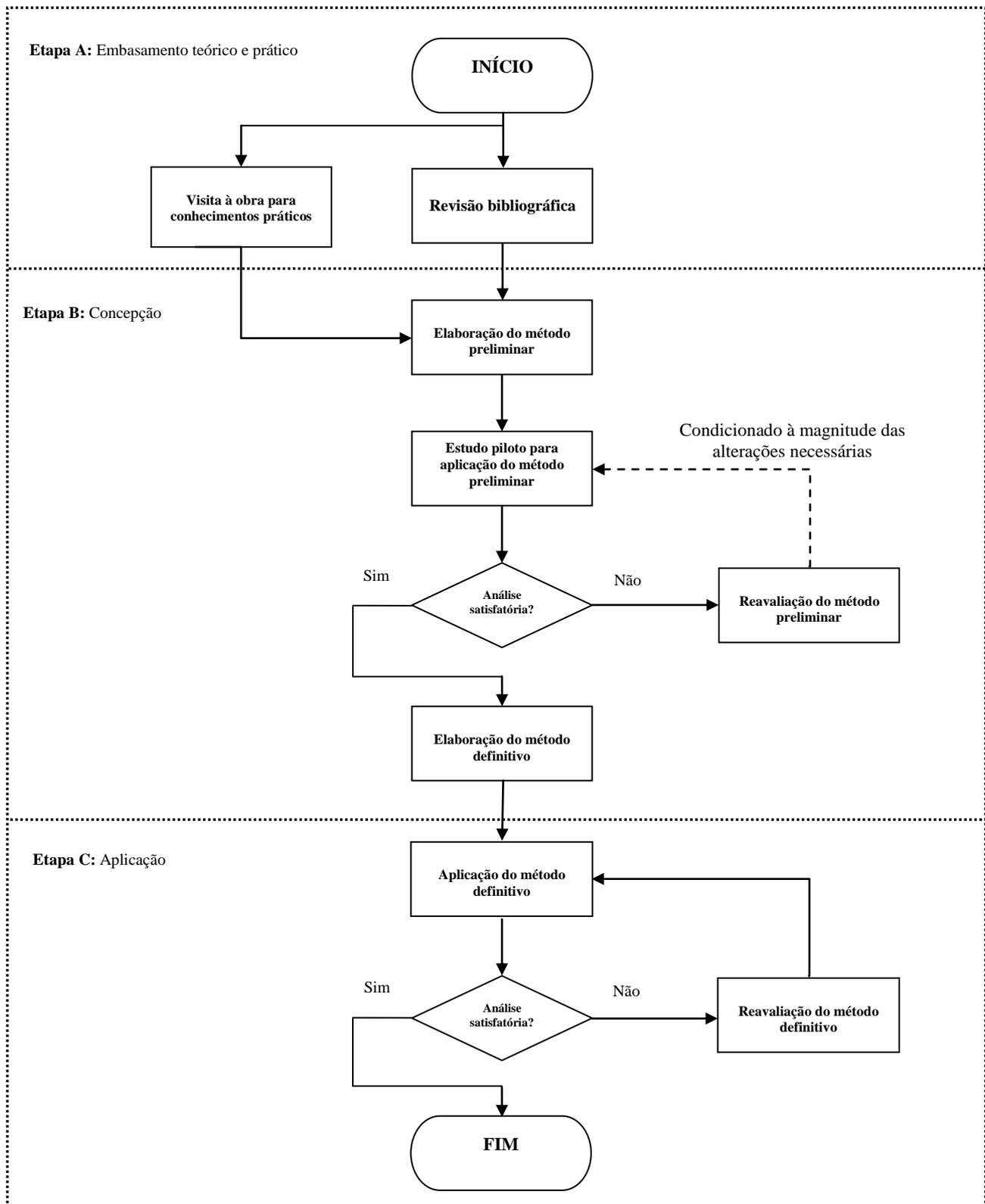
Caracterizando a pesquisa quanto à abordagem do problema, entende-se que essa é uma pesquisa quantitativa, pois ela necessita de um estudo exploratório que se deseja obter um conhecimento mais aprofundado sobre o problema da pesquisa. A pesquisa, ainda, procura contribuir com a resolução de problemas práticos e imediato encontrados em obras, assim pode-se afirmar que essa pesquisa, quanto à utilização dos resultados, possui uma natureza aplicada.

Confrontando a questão de pesquisa elaborada nesse trabalho com o Quadro 2 em questão, o método de pesquisa a ser adotado durante o desenvolvimento da dissertação pode ser enquadrado em Estudo de Caso. Pela mesma comparação, o trabalho não poderá ser experimento, pois não há controle do comportamento da pesquisa através da manipulação ativa na reprodução de um fenômeno real de forma controlada, tão pouco poderá ser uma pesquisa de cunho histórico, uma vez que se focaliza um evento contemporâneo, neste caso, o comportamento dos serviços dos SPHSGC em obras atuais.

Quanto ao seu objetivo, se classifica como sendo uma pesquisa exploratória, já que a etapa de embasamento teórico e prático, que será discutida mais adiante neste capítulo, propiciará ao pesquisador o aumento do conhecimento em torno do determinado problema. Para Leopardi (2002) e Gil (1991) a Pesquisa Exploratória procura, em uma primeira aproximação, proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito.

#### **1.4.2 Fluxograma de Atividades**

Feita a devida caracterização da pesquisa quanto ao método de pesquisa a ser adotado, torna-se necessário elaborar um planejamento e discutir as etapas a serem desempenhadas, como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1 - Fluxograma das atividades do método de pesquisa**

### 1.4.3 Detalhamento das Atividades

#### ETAPA A: EMBASAMENTO TEÓRICO E PRÁTICO

**Revisão bibliográfica:** no desenvolvimento desse passo, foram pesquisadas nas literaturas nacionais e internacionais, tais como livros, teses, artigos publicados em revistas e jornais, temas referentes à produtividade da mão de obra dos SPHSGC, envolvendo nesse assunto a coleta, interpretação e manipulação dos dados desse recurso físico; foram abordados ainda temas relacionados à classificação e conceituação do planejamento em seus três níveis hierárquicos, focando-se no planejamento operacional dos serviços de instalações; por último e não tão menos importante, foram abordados temas referentes aos SPHSGC no que tange aos seus conceitos, classificações, método construtivo e sua relação com os outros dois temas. Para obter tais fontes de pesquisa foram feitas buscas e pesquisas em acervos físicos e eletrônicos das seguintes bases: Biblioteca BCO (Comunitária da Universidade Federal de São Carlos), Biblioteca Escola Politécnica da USP, Portal CAPES, INFOHAB (Centro de Referência e Informação em Habitação), NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Base *Emerald*, *Web of Science*, *ASCE Publications*, acervo do GEsQE (Grupo de Estudo da Gestão da Qualidade nas Edificações) o qual esse estudo faz parte, entre outros;

**Visita a obras:** teve como objetivo identificar os profissionais que exercem as atividades produtivas, como trabalham, quais ferramentas são utilizadas por esses operários, os materiais e componentes desses serviços, como é a inter-relação entre o SPHSGC e a gestão do processo de produção, complementando o conhecimento adquirido através das revisões bibliográficas.

#### ETAPA B: CONCEPÇÃO

**Elaboração preliminar do método de dimensionamento da mão de obra e planejamento operacional dos serviços dos sistemas propostos neste trabalho:** nesta etapa foram estabelecidas as regras de coleta e processamento dos dados para o cálculo da produtividade da mão de obra. Foram elaboradas planilhas de acompanhamento e levantamento de dados necessários ao cálculo da produtividade da mão de obra e elaboração do planejamento operacional. Essas planilhas foram utilizadas na coleta dos quantitativos de serviços, tarefas e subtarefas, no controle e quantificação dos operários e no tempo de produção dos serviços. Ainda nessa etapa preliminar do método foram elaboradas outras planilhas que possibilitaram o processamento dos dados coletados resultando nos indicadores de produtividade;

**Estudo piloto:** conhecido ainda, por alguns pesquisadores de metodologia, como Caso-piloto, tem por finalidade verificar a adequação do tipo de amostragem escolhida.

Para Yin (2009) este estudo auxilia ao pesquisador a aprimorar os planos tanto para a coleta quanto aos procedimentos a serem seguidos pela coleta. É aplicado para uma amostragem reduzida, cujo processo é semelhante ao previsto para execução da pesquisa, porém não utilizados na amostra final (LAKATOS, 1991). Em outras palavras, nessa etapa se observa a aplicação do método preliminar trazendo à luz os passos que possam comprometer o resultado final do método definitivo, além de fornecer base para correção das anomalias;

**Visita à obra:** esta foi destinada à aplicação das planilhas de coleta de dados sobre produtividade da mão de obra para o cálculo dos indicadores de produtividade da mão de obra (RUP diária; e RUP cumulativa e RUP potencial, e observações dos agentes e fenômenos intervenientes do processo de coleta de dados. Também se propôs o planejamento operacional com base nos indicadores de produtividade em pequenos lotes de produção dos serviços, pavimento ou apartamentos e em curtos períodos de execução (semana ou dia);

**Elaboração do método definitivo:** após a fase de aplicação do método preliminar e verificação das possíveis inadequações, erros e dificuldades do estudo piloto, foi possível a elaboração final do método de dimensionamento da mão de obra e planejamento na execução dos serviços de relacionados aos SPHSGC. Com mais essa etapa concluída partiu-se para os passos finais de aplicação e análise dos dados.

### **ETAPA C: APLICAÇÃO**

**Aplicação do método definitivo:** após a resolução de todos os contratempores complicadores da aplicação do método, esta etapa serviu para aplicação do método definitivo e observação do efeito dessa intervenção no ambiente em estudo;

**Verificação do seu aproveitamento:** após conclusão com êxito de todas as etapas anteriores, verificou-se, nesse momento, a real contribuição para o desenvolvimento dos serviços com a aplicação do método.

## **1.5 Estruturação do Trabalho**

O trabalho divide-se em 7 capítulos. Além deste capítulo introdutório, os demais capítulos estão estruturados da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** PLANEJAMENTO OPERACIONAL - aborda o planejamento no processo de produção de obras, seus conceitos e classificações hierárquicas, enfatizando o planejamento operacional e sua importância para a produção da obra. Descreve-se nesse nível a metodologia do planejamento operacional, e as técnicas disponíveis para escolha e aplicação durante o estudo de caso.

- **Capítulo 3:** PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA - apresenta uma abordagem sobre a produtividade, que é um importante instrumento de gestão que auxilia o planejamento operacional da obra, sua definição, classificações, importância do estudo da produtividade, os fatores influenciadores, seus modelos de prognóstico e estudos realizados sobre o assunto.
- **Capítulo 4:** SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL - dedicado aos SPHSGC. São apresentadas as definições específicas dos subsistemas a serem estudadas, classificações conforme o insumo utilizado, os materiais empregados na composição dos elementos dos subsistemas e as características próprias do seu processo produtivo.
- **Capítulo 5:** MÉTODO PARA PLANEJAMENTO OPERACIONAL DA EXECUÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL - Apresenta-se o método que envolve o dimensionamento da mão de obra e a programação das atividades na execução dos serviços relacionados a estes sistemas, assim como diretrizes e as etapas a serem cumpridas.
- **Capítulo 6:** ESTUDO DE CASO - Este capítulo é dedicado à aplicação do método proposta na execução dos SPHSGC em uma obra residencial de múltiplos pavimentos.
- **Capítulo 7:** CONSIDERAÇÕES FINAIS - traz as últimas considerações sobre o estudo realizado, sendo discutida a demanda por novos problemas de pesquisa dentro da área de dimensionamento de equipes e planejamento da execução dos SPHSGC.

## 2. PLANEJAMENTO OPERACIONAL

Neste capítulo são apresentados os conceitos, classificações e definições dos principais tipos de planejamento, as suas diferenças e inter-relações. Por conta do objetivo proposto nesta pesquisa, será dada maior ênfase ao planejamento operacional.

### 2.1 Conceituação de Planejamento no Processo da Produção de Edificações

Para Oliveira (1995), o planejamento pode ser considerado como um processo desenvolvido para o alcance de uma situação desejada de um modo mais eficiente e eficaz concentrando esforços e recursos, não devendo ser confundido com previsão, projeção, plano e resolução de problemas.

O mesmo autor entende que o processo de planejar necessita do exercício de tomada de decisões que ocorrerá antes, durante e depois de sua elaboração e implementação, sendo que a sistematização dessa ação de planejar tende a reduzir a incerteza envolvida no processo decisório e, conseqüentemente, provocar o aumento da probabilidade de alcance das metas e desafios estabelecidos.

Assumpção (1996) entende que os sistemas de planejamento permitem às empresas avaliarem alternativas para implementação de ações através da manipulação de dados e da geração de informações concernentes às necessidades de recursos financeiros, rentabilidade, prazos de execuções, necessidade de insumos de produção, entre outros.

O mesmo autor crê que a essência do sistema de planejamento consiste na interação entre a programação, que é o processo gerador de informações na forma de expectativas de comportamento, e o controle, que é o processo gerador de informações sobre o comportamento de ações já empreendidas.

O planejamento, para Fachini (2005), exerce um papel fundamental no processo de produção. Pela programação debate-se antecipadamente o que precisa ser executado, os recursos necessários e a sequência das atividades, sendo possível avaliar os prazos executivos do planejamento, e através dos dados fornecidos pelo controle, se podem reavaliar o que foi programado e retroalimentar a programação. Essa postura de programar, controlar e reprogramar contribui para aumentar a qualidade potencial das tomadas de decisões pelos gestores.

Limmer (1997) conceitua planejamento como um processo por meio do qual se estabelecem objetivos, discutem-se perspectivas de ocorrências de situações previstas,

vinculam-se informações e comunicam-se resultados pretendidos entre pessoas, entre unidades de trabalho, entre departamentos de uma empresa, e até entre empresas.

Em uma conceituação mais antiga sobre planejamento, entretanto atual, Steiner (1969) entende que planejamento é um processo que se inicia com o estabelecimento de objetivos, passa pela definição de estratégias, políticas e planos detalhados para alcançar esses objetivos e estabelecer uma organização para implementar as decisões, e finaliza o processo com uma revisão da performance e *feed-back* para introduzir um novo ciclo de planejamento. Estabelece ainda, cinco dimensões diferentes para o planejamento conforme a necessidade da aplicação e abordagem, tais como: negócios, estilo de gestão, experiência de gestão com planejamento, capacidade gerencial, e complexidade do processo de produção. As cinco categorias ou dimensões, como denomina o autor, são apresentadas a seguir:

- **primeira categoria:** corresponde ao assunto abordado, que pode ser produção, pesquisa, novos produtos, finanças, *marketing*, compras, instalações ou recursos humanos;
- **segunda categoria:** corresponde aos elementos constitutivos, dentre os quais podem ser citados os objetivos, propósitos, estratégias, políticas, programas, investimentos, normas e procedimentos, dentre outros;
- **terceira categoria:** refere-se aos níveis de planejamento, que pode ser de curto, médio ou longo prazo, e até de prazo vitalício;
- **quarta categoria:** corresponde aos setores organizacionais onde será destinado o a aplicação e, nesse caso, pode haver planejamento corporativo, de subsidiárias, grupos funcionais, divisões, departamentos ou setores de projetos/concepção/produção;
- **quinta categoria:** corresponde às características do planejamento, que é constituído por sua: complexidade ou simplicidade, qualidade ou quantidade, grau de importância, estratégico ou tático, confidencial ou público, formal ou informal, econômico ou caro, flexível ou inflexível, fácil implementação ou não.

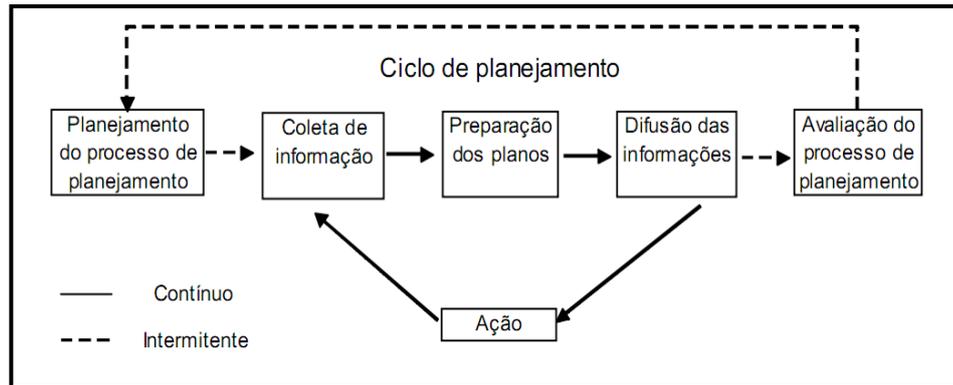
Essa classificação não representa uma listagem fechada de todas as categorias do planejamento, nem são mutuamente exclusivas, ou seja, a adoção de uma impede a adoção de outra, ou seja, não apresentam linhas demarcatórias muito claras. Entretanto, tais dimensões permitem visualizar a amplitude do assunto planejamento.

Laufer e Tucker (1987) definem planejamento como um processo de tomada de decisões realizado anterior à ação, que busca tornar viável o futuro objetivado de forma eficaz. Laufer (1990) complementa tal entendimento afirmando que esse processo é composto por vários componentes. Quanto maior o número desses elementos presentes, mais reconhecido como planejamento esse processo se torna. Segundo o autor esses componentes compreendem:

- um processo de tomada de decisões;
- processo de tomadas de decisões antecipadas para em algum momento futuro decidir o que e/ou como executar as ações;
- processo hierárquico de diretrizes gerais para os objetivos;
- emprego de procedimentos formais e técnicas;
- processo que inclui a totalidade ou parte de uma cadeia de atividades que incluem: a busca e análise de informação, desenvolvimento e concepção de alternativas, análise e avaliação de alternativas, escolha e decisão;
- desempenho da fase de análise sistemática e explícita; Apresentação documentada (sob forma de memorial);
- e o mais importante das funções do planejamento, a implementação.

Laufer e Tucker (1987) dispõem o planejamento em duas representações dimensionais: dimensão vertical e dimensão horizontal. A dimensão vertical do planejamento faz a interligação entre os níveis da organização e suas gerências, mantendo o objetivo global estabelecido pela empresa para todos os seus níveis. Para cada nível hierárquico das empresas o planejamento exige níveis diferentes de detalhamento; quanto menor o nível hierárquico maior será o detalhamento do planejamento.

A dimensão horizontal ocorre em todo o desenvolvimento do processo de planejamento, e está dividido em: planejamento do processo de planejamento; coleta de dados; preparação de planos (programação); comunicação do planejamento; e avaliação do processo de planejamento (Figura 2).



**Figura 2 - O processo do planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987)**

Para os autores, na fase de planejamento do processo são estabelecidos os níveis de detalhamento e controle as etapas do processo e os prazos. Na coleta de informações deve-se analisar contratos, especificações, projetos, disponibilidade de recursos físicos e financeiros. Na terceira fase utilizam-se os dados da fase anterior para elaborar a programação empregando as técnicas do diagrama de Gantt, diagramas de redes, linha de balanço etc. A transmissão do planejamento elaborado ocorre na fase de difusão das informações. Na fase da ação ocorre a implementação da programação e possíveis revisões. Na última fase são avaliados os indicadores e desempenhos do planejamento. Para Laufer e Tucker (1987), a primeira e a última etapa desse ciclo têm caráter intermitente, ocorrendo em períodos específicos, sendo quase inexistentes nas empresas.

Souto (2006) faz a formatação do planejamento como um sistema composto de dois outros subsistemas: o subsistema de programação e o subsistema de controle, sendo esses dois complementares e necessários, sendo o desenvolvimento e aplicação dos subsistemas a caracterização do processo como um todo.

Corrêa (2001) em suas obras utiliza duas definições abstratas de planejamento: o primeiro conceito é que “Planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão de futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro”. O segundo conceito é entendido como “Planejar é projetar um futuro que é diferente do passado, por causas sobre as quais se tem controle”. Porém, dinamiza tais conceituações quando estabelece aspectos necessários ao planejamento como noção da situação presente, visão de futuro, objetivos claros e um modelo lógico de decisões.

A partir desses autores e de suas conceituações tão bem elaboradas e abrangentes, esse pesquisador entende que o ato de planejar inicia-se com a decisão de produzir algo no

futuro demandado pelo mercado no atual momento, prevendo recursos financeiros, sociais, jurídicos e/ou normativo, políticos e tecnológicos que atendam as suas necessidades nas etapas de desenvolvimento do processo de produção, em fases de curto, médio e longo prazo. Entende-se ainda que para a indústria da Construção Civil o planejamento deve conter, além de ser um processo de tomada de decisões, estabelecimento de objetivos, programação e controle, os princípios da racionalização de aplicação de raciocínio sistêmico e lógico, e da construtibilidade que simplifica as soluções e reduz a complexidade das operações.

## 2.2 Classificação dos Níveis Hierárquicos do Planejamento

Dentro dessa argumentação sobre o conceito de planejamento no processo de produção, a maioria dos autores entende que o processo de tomada de decisão está intrínseco a natureza do planejamento. Essas decisões são tomadas em estágios distintos do desenvolvimento do processo de produção do projeto e priorizadas conforme sua amplitude de abordagem dentro da instituição organizacional.

Em pesquisas cujo tema se desenvolve em torno do planejamento, podendo ser citadas, como exemplo, Assunção (1996), Laufer e Tucker (1987), Bernardes (2001), Hernandez (2002), Souto (2006), Novais (2000), Mendes Jr. (1999), Boff (2003), Fachini (2005), o planejamento é classificado em: estratégico, tático e operacional, conforme representado no Quadro 3.

**Quadro 3 - Níveis hierárquicos do planejamento (adaptado de BOFF, 2001; FACHINI, 2005)**

Planejamento	Atuação	Extensão de prazo	Conteúdo
<b>Estratégico</b>	Manipulação de dados e geração de informações com a visão global	Longo	Genérico, sintético, abrangente
<b>Tático</b>	Subsidia decisões que levam à escolha dos empreendimentos	Médio	Menos genérico e mais detalhado
<b>Operacional</b>	Trata das estratégias e metas de produção nas hierarquias superior e inferior	Curto	Detalhado, específico, analítico

É importante colocar, mesmo que de forma resumida, que o planejamento estratégico envolve temas, dados e informações objetivando interesses a longo prazo de forma abrangente, e que afetam a empresa como um todo. O planejamento tático envolve assuntos menos genéricos que o planejamento estratégico e prazos medianos, envolvendo uma parcela da empresa. Por fim, o planejamento em nível operacional relaciona-se com as

metas da produção em níveis mais baixos da empresa em horizontes de curto prazo e com conteúdos mais detalhados e analíticos.

Apesar de bem classificados e definidos quanto ao prazo, nível de atuação nas empresas, conteúdo de sua atuação e objetivos, os planejamentos devem ser considerados de forma conjunta para o alcance do objetivo global. Nesse entendimento, Oliveira (1995) coloca que o planejamento estratégico, de forma isolada, é ineficiente, pois estabelecido o objetivo e o horizonte do prazo, não existe ação imediata que operacionalize tal planejamento, sendo suprida esta carência com o desenvolvimento e implantação, e de forma integrada, do planejamento tático e operacional.

Assunção (1996) ressalta que no planejamento, o qual ele atribui o papel de função, o essencial do seu processo é a elaboração de modelos que representem as relações entre as atividades desenvolvidas no ambiente da empresa e seus empreendimentos, aliados a programação e controle. Assim, corroborando desse entendimento, Souto (2006, p.20) expõe que:

Em qualquer das esferas de planejamento, este é formado por um subsistema de programação, que consiste no modelo que representa as relações entre as variáveis, e gera informações na forma de expectativas de comportamento, e por um subsistema de controle, que gera informações e avalia o comportamento já observado e decorrente de ações já executadas.

### **2.2.1 Planejamento Estratégico**

No entendimento de Assunção (1996), o planejamento estratégico em empreendimentos imobiliários deve representar as relações entre as variáveis de mercado (demanda, preço, velocidade de vendas), variáveis econômicas (índices e condições econômicos e financeiros) e variáveis de produção (capacidade instalada, custo de produção e administração da produção), sendo as decisões sempre em nível macro da empresa no sentido de estabelecer as políticas de ação da empresa frente ao mercado.

Oliveira (1995) entende que, da mesma forma que Assunção (1996), a responsabilidade da formulação de objetivos e a seleção dos cursos de ações a serem seguidas para seu alcance, dizem respeito ao nível mais alto da empresa, respeitando as premissas básicas da empresa, como um todo, para que o processo estratégico tenha coerência e força de decisão.

Na percepção sobre a finalidade do planejamento estratégico, Antonioli (2003) entende que tal nível de planejamento exerce a função de identificar corretamente os entraves relevantes que podem atrapalhar a organização de atingir suas metas. Esses

problemas, bem solucionados pelo planejamento, tornam-se vantagens competitivas perante o mercado concorrente.

Dentro de uma visão de posicionamento mercadológico, Warszawski (1995) entende que para as empresas, estratégias são planos de longo prazo, métodos e abordagens a fim de alcançar seus objetivos em um ambiente competitivo. Algumas importantes características das decisões estratégicas são tomadas nos mais altos níveis da empresa envolvendo um compromisso de longo alcance da organização e investimento de recursos. Estas estratégias orientam o comportamento de uma empresa no mercado em relação aos seus potenciais clientes e concorrentes.

Pode-se, a partir desses conceitos, entender que o planejamento estratégico, elaborado pela gerência maior da empresa, estabelece diretrizes de médio prazo para um ou mais empreendimentos, fazendo com que os setores intermediários da empresa (financeiro, técnico, logístico e outros) hajam também em médio prazo no alcance das metas desses empreendimentos, e dessa forma compondo, pela soma das metas médias, o objetivo estratégico da empresa perante o mercado.

### 2.2.2 Planejamento Tático

A diferença entre o planejamento tático e o planejamento estratégico, consiste em que o segundo nível de planejamento possui flexibilidade menor por considerar que os objetivos a serem alcançados visam uma posição externa da empresa, e também os riscos são de proporções maiores, bem como, os prazos de desenvolvimento das ações adotadas.

Para Oliveira (1995) o planejamento tático é desenvolvido em níveis intermediários da empresa e tem como principal finalidade a utilização eficiente dos recursos disponíveis para o alcance das metas predeterminadas em uma estratégia. Assim, esse nível de planejamento trabalha com decomposição de objetivos, estratégias e políticas.

No entendimento de Antonioli (2003) e Oliveira (1995), o planejamento tático tem por finalidade atender as questões operacionais identificadas no nível estratégico, determinando quando e como essas ações deverão ser executadas. O horizonte tático tem um planejamento de médio prazo, não ultrapassando um ou dois anos.

Alguns critérios devem ser considerados para a tomada de decisões que viabilizam a transição de um nível para o outro:

- critério da **Possibilidade** da execução que avalia a disponibilidade de recursos físicos, financeiros e tecnológicos necessários à execução;

- critério da **Aceitabilidade** do grau de aceitação dos objetivos, analisados segundo a qualidade das soluções técnicas (especificações, produtividade, confiabilidade, flexibilidade e custos);
- critério da **Vulnerabilidade** que avalia o risco próprio do processo de planejamento.

Hernandes (2002) estabelece para o planejamento tático a conotação de ponte de ligação entre o planejamento estratégico, que se refere às datas globais da obra e produto principal (plano mestre com datas chaves), e o operacional, que define dia a dia quem, quando e como realizar as atividades definidas.

Boff (2003) entende, por sua vez, que o planejamento tático é elaborado visando prazos menores que o estratégico e realizado pelos integrantes do nível intermediário da organização, sob a responsabilidade dos gerentes de cada setor separadamente. É uma fragmentação, por setores da empresa, das decisões adotadas no planejamento estratégico, com maior força de ação dentro de cada especialidade do setor.

### 2.2.3 Planejamento Operacional

Pode-se entender que, a partir do estabelecimento pelo planejamento tático dos suportes necessários que garantam a implantação de ações que evitem perdas temporais, matérias e qualitativo durante o processo de produção do produto e suas partes, que o alcance dos macros objetivos da empresa está nos bens sucedidos planejamentos operacionais.

O planejamento operacional busca reduzir a influência de imprevistos que possam atrapalhar a execução e conclusão das tarefas. Sendo de curto prazo, esse planejamento pode ser semanal, deve indicar as operações a serem executadas nesse período e seu sucesso depende da conclusão de operações precedentes e da disponibilidade dos recursos físicos (NOVAIS, 2000).

Sinteticamente, Boff (2003) estabelece que o planejamento operacional seja um planejamento realizado pelos integrantes do nível da base da empresa e seja feito visando o curto prazo, sendo seu conteúdo detalhado, específico, analítico e, em sua amplitude, atinge cada tarefa ou operação.

Para Oliveira (1995) o planejamento operacional pode ser entendido como a formalização por documentos escritos, das metodologias desenvolvidas de desenvolvimento e implantação, configurando-se, dessa forma, os planos de ação ou operacionais. Mais

especificamente, o mesmo autor entende como sendo o planejamento operacional um conjunto de partes do planejamento tático e deve conter detalhadamente:

- Os recursos necessários para o seu desenvolvimento e implantação;
- Os procedimentos básicos a serem adotados;
- Os resultados finais esperados;
- Os prazos estabelecidos;
- Os responsáveis pela execução ou implantação.

Machado (2003) defende ainda que o planejamento de curto prazo não é apenas uma decomposição de serviços de um planejamento preparado em um nível de horizonte mais longo para detalhes operacionais de canteiro. Objetiva garantir que o dia a dia da obra seja conduzido da melhor forma, mesmo que isso signifique reuniões para resolver problemas técnicos.

Para esse nível hierárquico, Assunção (1996) entende que o planejamento operacional deva ser direcionado para cada empreendimento da organização, e discute em dois subníveis de hierarquia: numa as estratégias e metas de produção, e noutra o planejamento das operações e ordens de produção.

Importante colocar que cada nível hierárquico de planejamento é imprescindível para o alcance dos objetivos globais de qualquer empresa, não isoladamente, visto anteriormente que os níveis são desdobramentos do maior para o menor. Entretanto durante o desenvolvimento desse trabalho será dada maior foco ao nível do planejamento operacional, no entendimento que esse é um composto de programação e controle dos recursos da obra, focados na execução dos SPHSGC.

## **2.3 Importância do Planejamento de Obras e sua Metodologia**

### **2.3.1 Importância do Planejamento Operacional**

O planejamento encaixa-se, na visão de Fachini (2005), como peça fundamental para subsidiar os gestores de informações consistentes que os permitam executar obras com qualidade, dentro do prazo e custo previsto. Algumas de suas ferramentas podem aumentar a possibilidade de se ter a obra concluída no prazo previsto, a reflexão com antecedência sobre a adoção de novas técnicas construtivas, a possibilidade de reduzir as incertezas existentes nos projetos e na produção, e as chances de cumprimento dos custos previstos.

Ferreira (2001) diz que o propósito do planejamento, através de seus processos, técnicas e atitudes é proporcionar situações para avaliar as implicações futuras diante de decisões tomadas em função dos objetivos, da forma mais rápida, coerente e eficaz possível, reduzindo incertezas e buscando alcançar objetivos pré-estabelecidos.

A aplicação do planejamento na Construção Civil introduz alguns benefícios, identificados como: definir a organização para executar a obra; facilitar a tomada de decisões e a alocação de recursos; integrar e coordenar esforços de todos os envolvidos; auxiliar na eliminação de problemas relacionados à incidência de perdas e baixa produtividade; assegurar boa comunicação entre os participantes da obra, aumentando a transparência dos processos; suscitar a conscientização dos envolvidos quanto a prazos, qualidade e custos; caracterizar a autoridade do gerente; estabelecer um referencial para controle; definir uma diretriz para o empreendimento.

Laufer (1990) entende que o planejamento de um projeto é necessário para:

- obter um melhor entendimento dos objetivos do projeto, tornando-os claros e aumentando a probabilidade de atingi-los com sucesso;
- definir todo o trabalho necessário de modo a possibilitar que cada participante do processo de planejamento identifique e planeje sua parte;
- desenvolver uma base destinada ao desenvolvimento do orçamento e da programação do projeto com maior precisão;
- possibilitar melhor coordenação e integração de dados de entrada e decisões no processo de planejamento nos diversos níveis (integração vertical), funções (integração horizontal) e estágios (consistência) existentes;
- evitar decisões equivocadas através do questionamento do futuro por meio das decisões correntes;
- melhorar o planejamento através da consideração e análise de diversas alternativas;
- acelerar as respostas às mudanças futuras; providenciar indicadores destinados ao monitoramento, revisão e controle da execução do projeto;
- explorar a experiência acumulada no gerenciamento e execução de projetos em um processo sistemático de aprendizagem.

Limmer (1997) estabelece vários aspectos que o planejamento auxilia na organização das pessoas que nela atua, da empresa que a promove, da forma de trabalho para sua elaboração, sendo esses aspectos:

- definição da organização para executar a obra;
- tomada de decisões;
- alocação de recursos;
- integração e coordenação de esforços de todos os envolvidos;
- assegurar a boa comunicação entre os participantes da obra;
- propor a conscientização dos envolvidos para prazos;
- qualidade e custos;
- caracterizar a autoridade do gerente;
- estabelecer um referencial para o controle;
- definir uma diretriz para o empreendimento.

A importância do planejamento para Laufer e Tucker (1987) consiste no seu objetivo de auxiliar o gestor a cumprir a sua função principal, ou seja: gestão e controle. Para os autores, a gestão pode ser subdividida em execução e coordenação, sendo a execução no sentido de que as decisões iniciais (planos) sejam concretizadas, e coordenação no sentido de relacionamento e comunicação com todas as partes envolvidas na realização do projeto de construção.

O controle envolve a medição e avaliação da eficiência, e a tomada de ações corretivas quando desempenho diverge das metas estabelecidas. Além disso, o controle é importante na averiguação constante de elementos de risco:

- **Risco conceitual:** resultante da formulação imperfeita do problema, como a utilização de um modelo incorreto, ou escolher critérios de decisão errada;
- **Risco administrativo:** resultante da falha de gerenciamento na implementação das soluções;
- **Risco de ambiente de trabalho:** resultante de imprevistos no ambiente de trabalho que podem estragar até mesmo um bem concebido e implementado plano.

### 2.3.2 Metodologia do Planejamento Operacional

São notórios e, para muitos pesquisadores, inegáveis, a importância e os benefícios do planejamento operacional. Entretanto é comum nas obras a falta de planos formais, falta de confiança no plano elaborado, e até o seu abandono prematuro. Limmer (1997) indica

que esses fracassos têm suas causas no desconhecimento das técnicas de planejamento e no mau uso dessas técnicas. Qualquer que seja o projeto, a metodologia para o seu planejamento possui alguns passos, que são básicos e comuns para muitos autores, sendo eles:

- **identificar as atividades a serem executadas** através da análise dos elementos e informações disponíveis em projeto básico ou detalhado, especificações etc. (LIMMER, 1997). Utilizando as técnicas WBS e EAP, a obra pode ser quebrada em partes menores para facilitar a programação e o controle (FACHINI, 2005);
- **ordenar as atividades identificadas em uma sequência lógica**; para isso é importante conhecer o método construtivo da obra e as limitações e prioridades existentes nas operações para interligação de cada atividade (FACHINI, 2005). Esse sequenciamento das atividades, para Akkari (2009), está diretamente ligado ao escopo do empreendimento e sofre influência dos processos produtivos, das soluções tecnológicas utilizadas, da quantidade de recurso disponível e da experiência de quem as elabora;
- **definir a duração do ciclo e a equipe demandada** está estreitamente ligado e dependente da produtividade da mão de obra e do tempo disponível para a execução de tal atividade, ou seja, uma vez prognosticada a produtividade e quantificado o serviço, a definição da duração do ciclo implica na definição do tamanho da equipe e vice-versa (FACHINI; SOUZA, 2006);
- **definir uma proposta de alocação da equipe**, resultante da definição do número total de operários da macro-equipe; pode ser elaborada a alocação dos homens às atividades através do processo de “tentativa e erro”, dividindo a macro-equipe em equipes com números pares de homens, que trabalhem em partes simétricas ou idênticas de área de trabalho, e que na mudança das equipes entre as subtarefas seja atendido o sequenciamento (FACHINI; SOUZA, 2006);
- **determinar o sistema de controle do projeto**, pelo qual se mensuram os desvios do planejamento e, a partir daí, tomam-se providências para que as atividades subsequentes à aferição sejam adaptadas de modo que atenda à meta final objetivada (LIMMER,1997). Souto (2006) entende que nessa etapa são feitas análises dos critérios definidos no planejamento, a aceitação e o comprometimento com as metas estabelecidas.
- **levantar, processar e avaliar a produtividade**, quanto melhor seus níveis de informação, melhor será a qualidade da programação, e quando não for possível

levantar a produtividade, utilizar valores externos de referência. Souza (2006) entende que o levantamento da produtividade diz respeito ao controle, quanto ao seu prognóstico se refere à programação.

Quanto a esse último item, para esse autor, tamanha é sua relevância para o controle e a programação dos empreendimentos no curto prazo, subsidiando os gestores quanto à utilização dos recursos físicos e temporais, que será o tema abordado no próximo capítulo desse trabalho, focando a sua determinação e análise para o insumo mão de obra.

## **2.4 Técnicas de Programação e Controle da Produção**

Durante a definição das expectativas dos prazos e recursos a serem utilizados, pode-se realizar representações gráficas de várias técnicas diferentes que simulem situações que evitem ou amenizem os efeitos circunstanciais danosos ao processo de produção.

Dentre as várias técnicas de programação e controle da obra destacam-se o Cronograma de Barras ou Gráfico de Gantt, Linha de Balanço e Cronogramas em Redes representadas pelas técnicas PERT e CPM.

### **2.4.1 Técnica do Cronograma de Barras ou Gráfico de Gantt**

Essa técnica foi desenvolvida no ano de 1917 pelo engenheiro mecânico Henry Gantt; amplamente difundida e utilizada atualmente, o Gráfico de Gantt ilustra o avanço das diferentes etapas de um projeto representando cronogramas de ações de mão de obra, equipamentos e materiais. Representada em um plano cartesiano, no eixo das ordenadas são representadas as atividades e sobre o eixo das abscissas são representados os intervalos de tempos através de barras horizontais e paralelas.

Na prática, o comprimento em escala da barra também é utilizado como uma base gráfica na qual se desenha sua evolução em direção ao término do item de trabalho do projeto (Figura 3). Dessa forma, o modelo de gráfico de barras serve tanto como um modelo de planejamento-previsão quanto como um modelo de controle. O comprimento das barras tem duas utilidades: o comprimento físico da barra representa a duração planejada do item e também fornece uma linha mestra representando o percentual do trabalho executado do item de trabalho (HALPIN; WOODHEAD, 2004).

ATIVIDADE	PERÍODO DE TEMPO						
	1	2	3	4	5	6	7
A			100%				
B	100%						
C				100%			
D					75%		
E					50%		
F					100%		

**Figura 3 - Cronograma de barras**

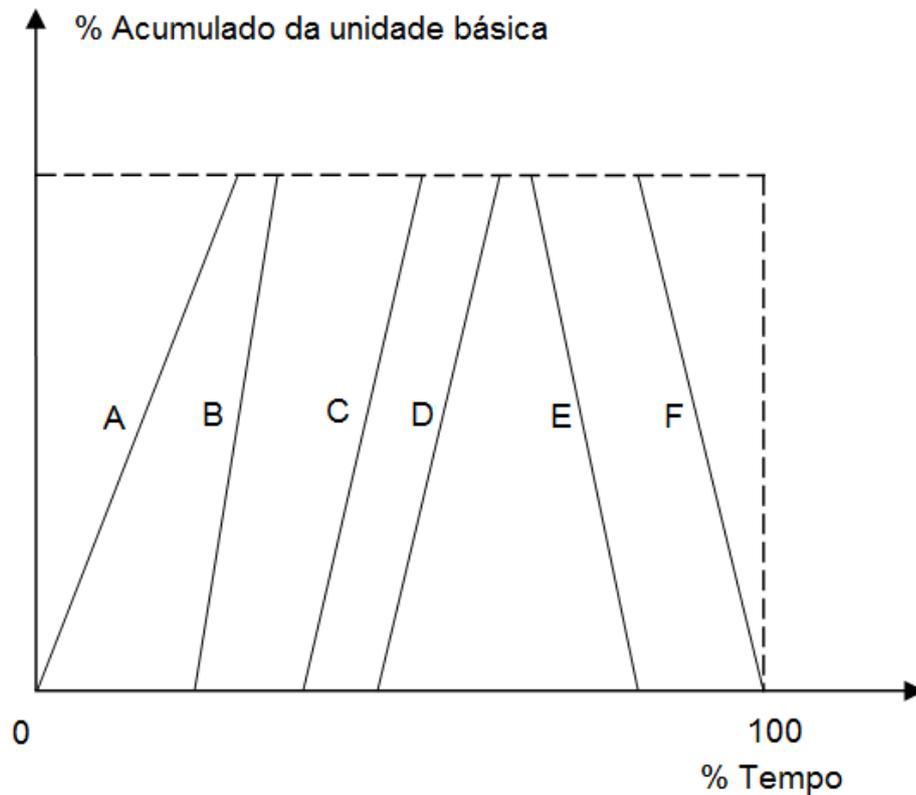
Dentre as vantagens dessa técnica, Fachini (2005) destaca o fato de ser de fácil entendimento pela equipe de produção da obra, funcionando como uma ferramenta de comunicação visual. Em contrapartida, a autora entende que a impossibilidade de se representar, no gráfico, as sequências e interdependências entre as atividades quando programadas para períodos simultâneos, como sendo a maior deficiência desta técnica.

Limmer (1997) ressalta a facilidade de aplicação e entendimento dessa técnica, além da possibilidade do seu emprego como complemento de outras técnicas de programação, sendo aplicável quando se lida com um número reduzido de atividades e durações relativamente curtas, como é o caso do detalhamento de pacotes de trabalho, e a obras em que a repetição de atividade é baixa ou nula.

#### **2.4.2 Técnica da Linha de Balanço**

Linha de Balanço ou método Tempo-Caminho é uma técnica de programação que, ao contrário das demais técnicas, é apropriada para obras com elevada quantidade de atividades repetitivas, a exemplo das obras lineares e horizontais como dutos, ferrovias, rodovias e alguns edifícios com o pavimento-tipo padronizado, que é o caso dos edifícios com paredes pré-moldadas em concreto armado, por exemplo.

Essa técnica é representada em um plano cartesiano na qual sobre ela são simulados os andamentos das atividades através de linhas conforme ilustra a Figura 4. O eixo das abscissas indica o tempo e, nas ordenadas, o acumulado das atividades concluídas para cada unidade básica de produção.

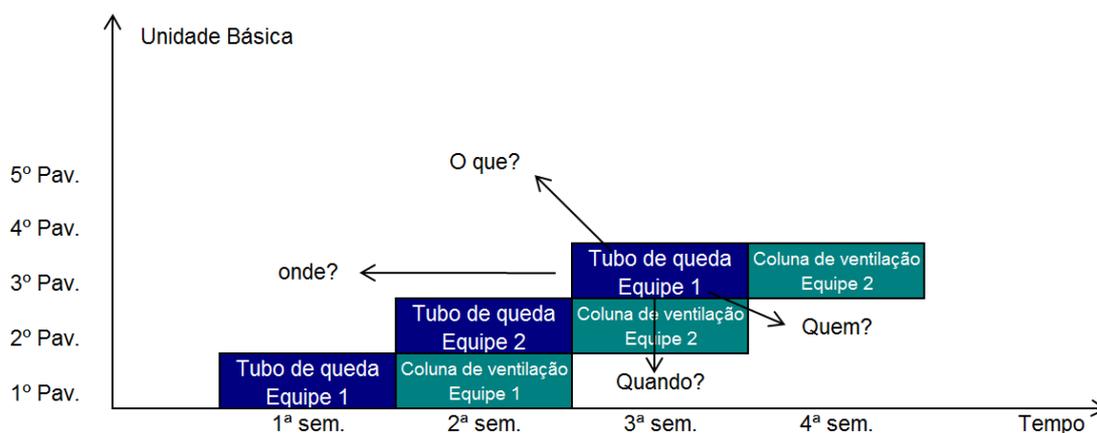


**Figura 4 - Gráfico de Linha de Balanço**

Por meio da Linha de Balanço o engenheiro da obra terá uma visão mais simples da execução das atividades servindo como uma ferramenta de apoio na melhoria da produtividade e qualidade nos canteiros, e poderá dispor de uma técnica eminentemente gráfica (visual) que será um valioso aliado nas suas comunicações em obra (HERNANDES, 2002).

Referindo-se à facilidade de entendimento da representação gráfica, o autor entende que os principais componentes à programação da obra são identificados na Linha de Balanço: **O que** (atividade) deve ser feito; **Quem deve fazer** (equipe); **Onde fazer** (pavimento ou apartamento); e **Quando fazer** (semana).

Trata-se de uma técnica de grande poder de comunicação e de fácil análise. A técnica admite análise de tempo e recursos para as operações que ocorrem em cada pavimento ou trecho da edificação, podendo incrementar ações na produção (ASSUMPÇÃO, 1996). A Figura 5 comprova tal afirmativa do caráter comunicativo da Linha de Balanço.



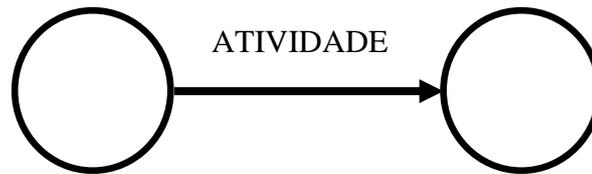
**Figura 5 - Representação da programação por Linha de Balanço**

O objetivo da técnica Linha de Balanço, segundo Fachini (2005), é balancear todas as atividades, quando executadas com o mesmo ritmo. Assim a programação resultará em atividades paralelas e sem tempos desperdiçados entre uma atividade e outra ou entre a passagem de uma unidade básica (apartamento ou pavimento) para outra. Assim, sempre que uma equipe passar para a unidade seguinte, a programação pretende que esta esteja livre para o serviço ser iniciado.

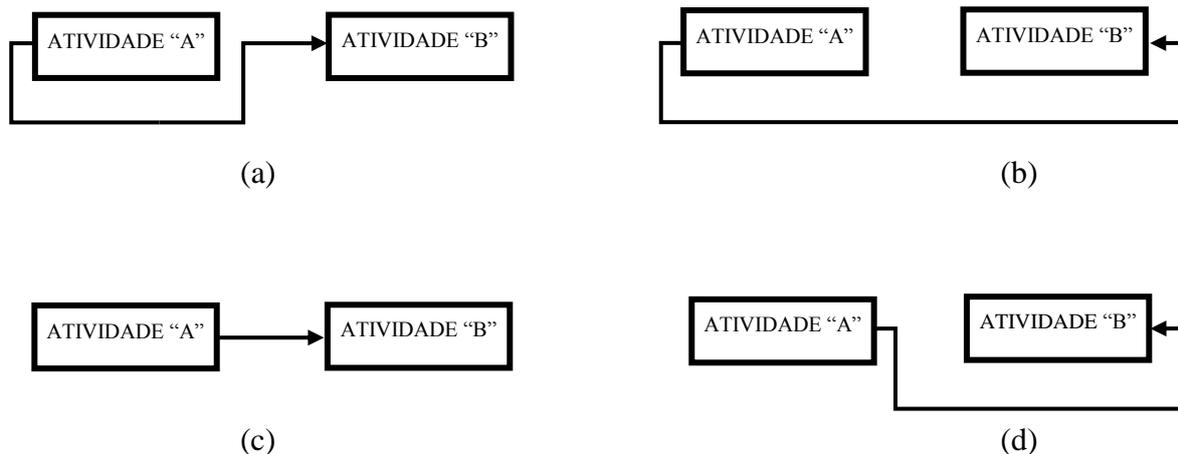
### 2.4.3 Técnica de Diagrama de Redes

São técnicas que necessitam de maior número de detalhes que as demais, são baseadas em redes e têm como maiores representantes as técnicas: PERT (*Program Evaluation and Review Technique* – Técnica de Avaliação e Revisão de Programação) desenvolvida pela indústria bélica dos Estados unidos e por utilizar métodos estáticos para fabricação dos produtos ficou conhecida como probabilística; CPM (*Critical Path Method* – Método do Caminho Crítico) criada para planejar uma obra da indústria fabril de produtos químicos considerando os prazos e as condições de execução de uma obra executada anteriormente, motivo pelo qual esse método ficou conhecido como determinístico. Segundo LIMMER (1997), com o tempo estas duas técnicas foram se fundindo, passando-se a usar a denominação PERT/CPM.

A técnica das redes pode ser representada de duas maneiras: com as atividades em setas e com atividades em nós (Figura 6). Denominado de diagrama de flechas, no primeiro método as atividades são representadas por uma seta e as interligações são feitas por círculos. Já no segundo método, denominado diagrama de blocos ou diagrama de precedências, as atividades são representadas geralmente por retângulos e as relações de dependência por setas, com quatro tipologias diferentes de ligações (Figura 7).



**Figura 6 - Representação de uma atividade pelo diagrama de flechas**



**Figura 7 - Representação de atividades pelo diagrama de blocos, ligações dos tipos início-início (a), início-término (b), término-início (c) e término-término**

Segundo Fachini (2005), trata-se de uma técnica muito confusa para o pessoal de campo; isto se deve à grande quantidade de atividades envolvidas numa programação detalhada e ao fato de que a rede não é a maneira mais adequada de comunicação para algumas situações.

## 2.5 Considerações finais acerca do capítulo

Em linhas gerais, neste capítulo procurou-se relacionar o alcance do posicionamento estratégico de mercado adotado pelas empresas da Construção Civil através do planejamento operacional. Partiu-se de uma conceituação mais ampla sobre planejamento para a conceituação dos níveis hierárquicos e suas interdependências.

Na base dessa cadeia hierárquica, discorreu-se sobre o planejamento operacional da obra, que o autor entende ser o conjunto de tecnologias de processo de gestão que permitem o entendimento e a reorganização sistêmica do processo de produção de cada subsistema envolvido, a coleta de dados, o seu processamento, análise e possíveis causas de interferência na eficiência do processamento dos recursos, o controle de todo processo

de produção, dando ao gestor da obra maior percentual de segurança nas próximas tomadas de decisões.

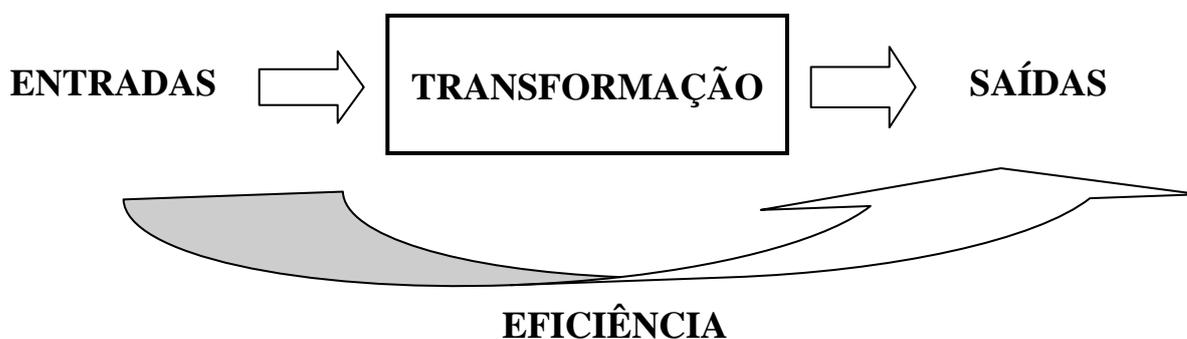
Durante a contextualização do planejamento operacional insere-se uma etapa de fundamental importância para nortear o desenvolvimento da programação e controle da Produção baseada no entendimento da produtividade da mão de obra, objeto do próximo capítulo.

### 3. PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

O estudo da produtividade tem papel fundamental para o bom desempenho do processo de produção e para o equilíbrio previsto da composição financeira (preço, custo e lucro) do produto, sendo peça chave na gestão dos recursos e podendo intervir de maneira positiva nas ações de alcance dos objetivos dos três níveis do planejamento. Especificamente, o estudo da produtividade da mão de obra tem uma importância relevante para Indústria da Construção, haja vista, como afirma Souza (2006), o elevado número de horas da mão de obra utilizado na Construção Civil quando comparado às outras Indústrias. Por esse entendimento, nesse capítulo serão abordadas a definição da produtividade, seus indicadores e suas classificações e a sua importância para planejamento e custo da obra.

#### 3.1 Definição de Produtividade

Dentro do processo de produção das empresas, entre elas as da Construção Civil, as entradas (recursos físicos, financeiros e sociais) são transformadas em saídas (produto final), sendo entendida como produtividade a eficiência nesse processo de transformação (SOUZA, 2000), demonstrado pela Figura 8.



**Figura 8 - Processo físico de transformação de entradas em saídas<sup>4</sup> (SOUZA, 2000)**

Maeda (2002) expressa seu entendimento de produtividade como sendo a combinação entre a efetividade (quão bem os resultados são alcançados) e a eficiência (quão bem os recursos são utilizados na busca dos resultados) de um determinado sistema produtivo.

<sup>4</sup> Considerando que um processo envolve a transformação de entradas em saídas, e pela sua definição a produtividade consiste na eficiência dessa transformação, não é incomum encontrar algumas representações da eficiência como transformação ou processo.

Em termos práticos, Paliari (2008) exemplifica a produtividade como sendo a relação entre as entradas de um processo (materiais, mão de obra etc.) e as saídas do mesmo (m<sup>2</sup> de alvenaria, metros de tubulações etc.).

Conseqüentemente, o conceito de produtividade da mão de obra consiste na eficiência da transformação do esforço humano em serviços de construção.

Assim, a produtividade da mão de obra pode ser entendida como a razão entre o quantitativo de homens abrangidos na execução de determinado serviço em um período de tempo (esforço humano), dividido pela quantidade de serviço executado nesse mesmo período de tempo (PARK; THOMAS; TUCKER, 2005).

A partir desta definição, um sistema produtivo é considerado mais eficiente na medida em que se consiga produzir mais (maior quantidade de metros de tubulação instalados na parede, por exemplo) utilizando menos recursos (menor quantidade de operário) e em um tempo menor (quando se eliminam atividades que não agregam valor, por exemplo).

### 3.2 Indicador Utilizado para Mensuração da Produtividade

Considerando o canteiro de obras como um sistema produtivo, a produtividade consiste na relação entre as entradas de um processo (materiais, mão de obra etc.) e as saídas do mesmo, como por exemplo, m<sup>2</sup> de alvenaria, metros de tubulações etc. e, no que diz respeito especificamente à produtividade da mão de obra, esta é mensurada através do indicador denominado Razão Unitária de Produção (RUP), termo introduzido no país através de trabalhos sobre o assunto realizados por Souza (1996) que relaciona os homens-hora (Hh) despendidos (entradas do processo) às quantidades de produtos obtidos (Quantidade de serviço), ou seja, as saídas do processo.

Matematicamente, a RUP é calculada de acordo com a Eq. 1:

$$RUP = \frac{Hh}{Qs} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

*Hh* = Homens-hora utilizados na execução do serviço

$Q_s$  = Quantidade de serviços executado pela mão de obra durante um período de tempo

Para o uso devido da RUP e uniformização na interpretação das informações obtidas através desse indicador, tornam-se necessários o estabelecimento de algumas regras. Maeda (2002) alerta que dois outros aspectos quanto à avaliação da produtividade também devem ser considerados: a padronização das medidas de entradas e saídas para uma correta avaliação do sistema produtivo; e a percepção de quais são as principais causas e o seu grau de influência nas variações dos indicadores adotados.

Assim, para o cálculo da RUP, no que se refere às saídas, representadas pela quantidade de serviços executados e pela característica do serviço (LIBRAIS, 2001), Paliari (2008) entre outros autores enfatizam que se deve considerar a quantidade “líquida” de serviço executado (como exemplo para os SPHSGC, onde a quantidade de serviço é medida em metros de tubulação, não se considera qualquer expectativa/percentual de perdas embutida nos orçamentos, ou seja, são considerados os metros de tubulação efetivamente instalados na edificação). Para o cálculo dos homens-hora demandados (entradas) devem ser considerados tanto os tempos produtivos quanto improdutivos, ou seja, o tempo em que os operários estiverem disponíveis para o trabalho.

### 3.3 Classificação dos Indicadores de Produtividade da Mão De Obra

Sempre que há o interesse ou a necessidade de estudos da produtividade da mão de obra, em qualquer serviço, estabelece-se a obrigação de detectar os níveis hierárquicos distintos dos operários envolvidos (oficial; meio-oficial/ajudante-prático e ajudante/servente), se está envolvido em atividade-fim ou atividade-meio (SOUZA, 2006). Forma-se assim novas opções de RUP complementares que são classificadas em função da sua abrangência (mão de obra envolvida), sendo:

- **RUP oficial:** quando se obtém a produtividade dos oficiais diretamente envolvidos;
- **RUP direta:** quando se obtém a produtividade da mão de obra direta (quando se acrescentam os ajudantes que trabalham diretamente com o grupo de oficiais);
- **RUP global:** representa a produtividade da mão de obra global (quando se acrescenta a mão de obra de apoio à mão de obra direta).

O período de tempo de execução dos serviços é outro fator que está associado à quantificação da produtividade, e consequentemente, às entradas ( $Hh$ ) e saídas ( $Qs$ ). Dessa forma a RUP pode ser classificada como:

- **RUP diária:** representa a mensuração da produtividade da mão de obra em um dia útil de execução dos serviços; sua análise pode revelar mudanças repentinas associadas a problemas existentes;
- **RUP cumulativa:** representa a mensuração da produtividade da mão de obra durante um período acumulado de dias úteis de execução de serviços, ao longo do tempo revela o quão bem aproveitado foi a mão de obra durante a gestão;
- **RUP cíclica:** adotada quando o serviço possui ciclos de produção bem definidos (por exemplo, a cada pavimento, a cada semana etc.);
- **RUP periódica:** representa a mensuração da produtividade da mão de obra durante apenas um período determinado de dias úteis de execução de serviços. A RUP periódica pode ser exemplificada por uma RUP mensurada a cada semana.

Existe ainda, além dessas, a RUP potencial que é obtida pela mediana das RUPs diária que tenham valores abaixo da RUP cumulativa final. Souza (2006) define tal RUP como um valor de RUP Diária associada à percepção de bom desempenho que se mostra factível em função dos valores de RUP Diária detectadas. Souza (2001) afirma que quando subtraído a RUP potencial da RUP cumulativa será indicada, pelo resultado da diferença, a perda de produtividade devido à má gestão do serviço.

Pode-se então dessa forma representar graficamente as RUP diária, RUP cumulativa e RUP potencial que serão utilizadas nesse trabalho através da Figura 9.

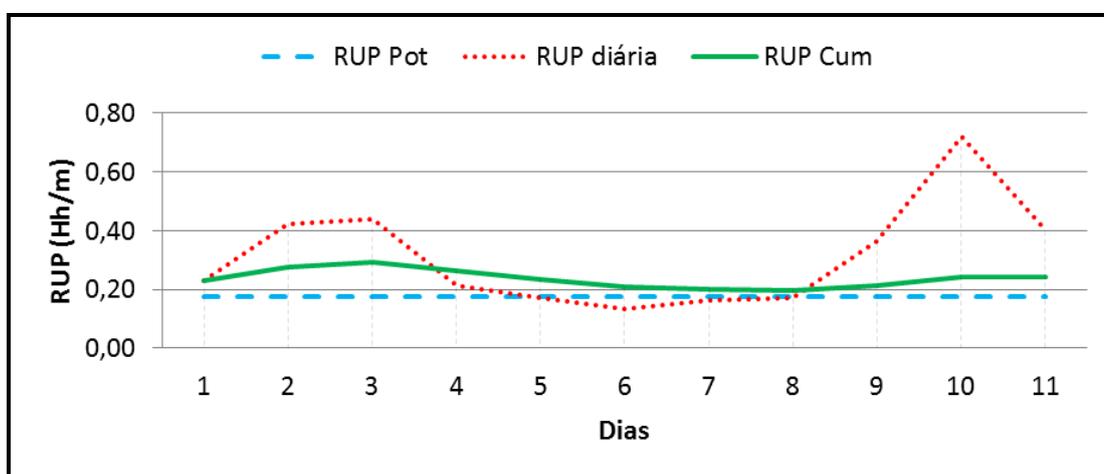


Figura 9 - Representação gráfica das RUP diárias, cumulativa e potencial

A diferença entre a RUP cumulativa e RUP potencial representa a perda de produtividade da mão de obra e serve para avaliar eficiência ou não da gestão dos serviços. Esse indicador é representado através da Eq. 2, Souza (2001) :

$$PPMO = \frac{(RUP\ cumulativa - RUP\ potencial)}{RUP\ potencial} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

*PPMO* = perda de produtividade da mão de obra

Thomas e Zavrski (1999) entendem que esse índice é um parâmetro adimensional que reflete a influência da gestão do projeto sobre o trabalho acumulado realizado. Os autores esclarecem, ainda, que quanto menor o indicador PPMO, melhor a influência da gestão do projeto no desempenho do trabalho em geral. Em contrapartida, os números mais altos são indicativos de baixo desempenho de trabalho.

Em estudo sobre os tipos de falhas que afetam a produtividade da mão de obra, Sanders e Thomas (1991) listaram os principais:

- congestionamento/interferência da acessibilidade;
- sequenciamento dos trabalhos;
- gestão do armazenamento de material;
- disponibilidade ou escassez de material;
- retrabalho;
- insuficiência ou inadequação de ferramenta e equipamentos;
- acidentes;
- falta de supervisão;
- excesso de pessoal;
- remobilização.

Souza (2006) entende que durante o processo de produção, se não houvesse a interferência de tais falhas, mantendo-se constante as características do serviço em execução, não haveria razão para a variação da produtividade. Entretanto, o processo

construtivo na Construção Civil é instável, causando alterações das características de um determinado serviço de uma obra para outra, e de um dia de serviço em relação a outro na mesma obra. Essas características, que influenciam a produtividade, são denominadas de fatores, os quais podem ser estudados sobre a ótica da obra analisada, de uma obra em relação à outra, e de obras de diferentes regiões de localização.

### **3.4 Modelo dos Fatores**

Thomas e Yiakoumis (1987), através de estudos da produtividade da mão de obra na Construção Civil, propuseram uma estrutura de mensuração e análise da eficiência da mão de obra, denominada por eles de “Modelo dos Fatores”. Esse modelo está fundamentado em estudos que atestam que a variação da produtividade é consequência de uma série de fatores que afetam a equipe de trabalho levando a distúrbios aleatórios e sistemáticos de desempenho. O efeito cumulativo destes distúrbios é uma curva real de produtividade (representada na Figura 9 pela RUP diária) que é irregular e de difícil interpretação. Esses fatores quando descontados da curva de produtividade real, contendo apenas os fatores da curva de aprendizado, dá origem à curva de produtividade ideal (representada na Figura 9 pela RUP potencial).

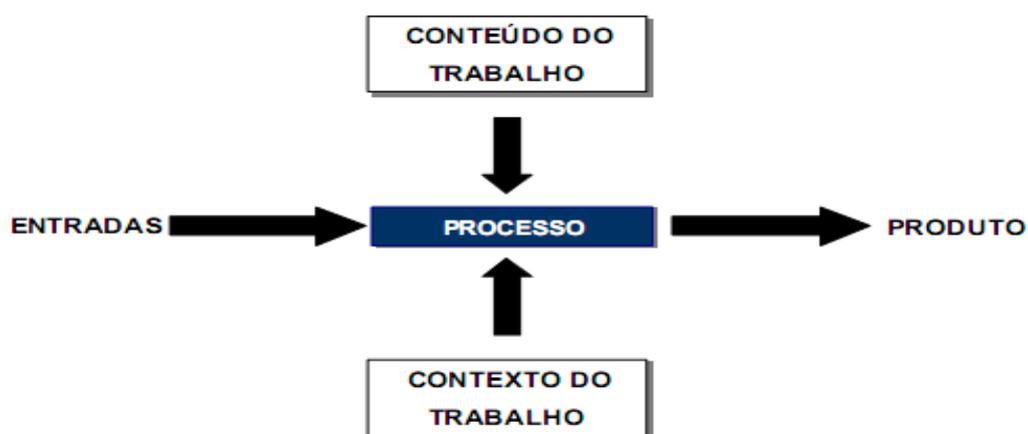
Os mesmos autores entendem que o Modelo dos Fatores se diferencia de outros modelos já estudados em vários aspectos, pois nesse caso o foco volta-se para a produtividade no nível da equipe de trabalhadores, considerando o efeito da curva de aprendizagem e incluindo vários outros fatores que podem ser mensurados. Thomas e Yiakoumis (1987) citam como influenciadores da produtividade ideal o clima; congestionamento da área de produção; acessibilidade e configuração área de trabalho; tamanho e estrutura da equipe; métodos de gestão; programação do trabalho; construtibilidade; qualidade dos documentos do projeto; especificações dos requisitos do projeto; e controle da qualidade dos requisitos do projeto.

Dentre os vários fatores que afetam a produtividade da mão de obra, existem dois que, no entendimento de Thomas e Sakarcan (1994), são considerados os principais: os fatores de conteúdo e os fatores de contexto. Os fatores de conteúdo estão relacionados à conformidade dos elementos físicos do trabalho, à especificação de requisitos, detalhes do projeto e, assim por diante. Já os fatores de contexto que envolvem aspectos de como um trabalho é organizado e gerenciado, de gestão e de prazos, disponibilidade de material e equipamento, sobreposição de trabalhos, e trabalhos fora de sequência.

A representação conceitual dos fatores que comprometem a produtividade da mão de obra está ilustrada na Figura 10. Para Thomas e Sakarcan (1994) os fatores de conteúdo

e de contexto são comparáveis aos catalisadores no processo de transformação de entradas (Homens-hora) em saídas (quantidades de serviços).

A partir dessa categorização dos fatores que influenciam a produtividade, Thomas e Sakarcin (1994) indicam como exemplos de fatores de contexto as condições meteorológicas, supervisão, sequenciamento, congestionamento, informação, equipamento, atualização dos projetos, ferramentas e retrabalhos. Para os fatores de conteúdo são citadas as dimensões dos componentes, especificações, o âmbito do trabalho e características do projeto.



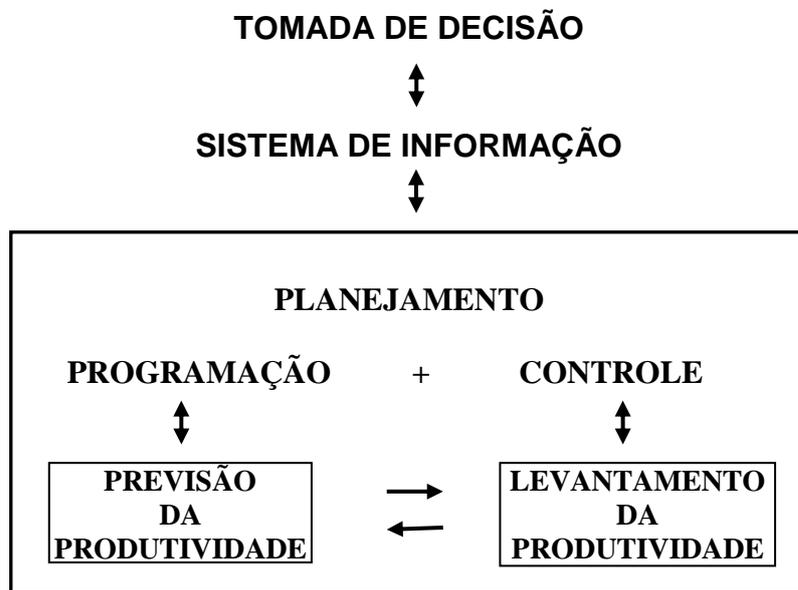
**Figura 10 - Fatores que afetam a produtividade da mão de obra (SOUZA; ARAÚJO, 2001)**

Souza (2001) relata que existe ainda um terceiro fator que influencia a produtividade: as anormalidades. Essas ocorrências estão associadas ao conteúdo, mas principalmente ao contexto do serviço, e a exemplo dos outros dois fatores, trazem grande prejuízo à eficiência do processo. O autor exemplifica que em certo dia de trabalho sob um clima agradável, uma tempestade repentina pode atrapalhar completamente o dia de trabalho. Além disso, uma quebra de equipamento; a falta de um operário, um lote de material danificado ou fora de especificação, entre outros fatores são exemplos de anormalidades.

### 3.5 Importância do Estudo da Produtividade da Mão De Obra

A importância do estudo da produtividade da mão de obra está assegurada pela sua capacidade de disponibilizar informações que subsidia os gestores na tomada de decisão. Essas informações estão associadas ao planejamento, composto da programação e controle (SOUZA, 2006), conforme demonstrado na Figura 11.

O constante controle da produtividade através do seu levantamento permite o entendimento qualitativo de uma produtividade analisada, a retroalimentação da programação, e o subsídio de futuros empreendimentos com um banco de dados. Já a previsão da produtividade da mão de obra, entende-se que a sua utilidade incida no auxílio às tomadas de decisões como: a gestão do número de operários e horas de trabalho para cada atividade, sendo mais interessante aumentar o número do efetivo ou as horas de trabalho; diretrizes de projeto; quando e quantos operários contratar, visando o fluxo de operários durante a obra; cronograma; e o orçamento, que basicamente é composto pelos custos da produtividade do material e mão de obra.



**Figura 11 - Previsão da produtividade no âmbito do planejamento e tomada de decisões (SOUZA, 2006)**

O domínio sobre as informações obtidas pelo estudo da produtividade da mão de obra torna-se uma importante ferramenta de auxílio a gestão durante todo ciclo de vida do empreendimento, seja no processo de projeto ou produção. Carraro (1998) observa que a construção civil será beneficiada a partir do momento em que se obtenham informações confiáveis referente ao estudo da produtividade da mão de obra. Através de uma sequência metodológica de coleta e processamento das informações, os gestores podem ser beneficiados da seguinte forma:

- **Previsão do consumo de mão de obra:** durante a fase de orçamento é comum a utilização de dados de consumo de material, mão de obra e equipamentos extraídos de manuais de orçamento publicados no país, o que pode ser um

equivoco por não refletir a realidade de uma determinada região. Dessa forma Carraro (1996) entende que uma das maneiras de se usufruir dos estudos da produtividade da mão de obra consiste na montagem de um banco de dados particularizado para cada empresa. Araújo (2000) entende que é necessário que se conheça primeiro os níveis de desempenho possíveis de serem alcançados na utilização dos recursos físicos no canteiro de obras. Com o conhecimento desses níveis, os gerentes de obra têm noção exata de eventuais problemas e sentido apurado para tomarem as medidas corretivas necessárias, podendo justificar e viabilizar a adoção de novas posturas;

- **Previsão da duração do serviço:** Através da previsão da quantidade de homens-hora que serão necessárias para se executar o serviço é possível dimensionar as equipes, tendo-se como base o cronograma da obra. O caminho inverso também é possível, ou seja, em função da disponibilidade de mão de obra, é admissível a elaboração de um cronograma aproximado da realidade da obra;
- **Avaliação e comparação dos resultados:** nesse caso podem ser desenvolvidas três formas distintas de aproveitamento dos resultados do levantamento da produtividade: a primeira situação consiste na atuação do engenheiro dentro da própria obra, controlando diariamente o andamento das tarefas e examinando os desvios ocorridos. A segunda situação possui objetivo com prazos mais estendidos. Por meio de um banco de dados consolidado, é possível prever a produtividade de uma obra a ser analisada, permitindo a confrontação de dados entre obras distintas dentro da mesma empresa. Na última situação, a empresa pode utilizar seus dados de produtividade para aferir seu nível de desempenho perante outras empresas do setor e dessa forma a construtora reúne condições de comparar seu processo construtivo face ao das demais organizações, conhecendo seu nível de eficácia perante a concorrência;
- **Desenvolvimento ou aperfeiçoamento de métodos construtivos:** surgindo a necessidade de se obter resultados melhores que o da concorrência, após a comparação com dados externos à empresa e consciente do seu estado limite de otimização na utilização dos recursos, o gestor deve despertar para o fato de que pode haver algo errado com a produção, que não há relação com o gerenciamento e controle da mão de obra e sim com o próprio método construtivo adotado pela empresa. É possível que determinada empresa seja extremamente eficiente na gestão de seus processos construtivos, entretanto estes processos podem ser obsoletos, ineficazes frente ao desenvolvimento de novas tecnologias.

Por essa sequência metodológica, Araújo (2000) ressalta a importância de fazer a previsão da produtividade e de, posteriormente, avaliar o seu alcance na prática. O entendimento das razões que fazem a produtividade variar leva à possibilidade de estimá-la, a partir de alguns parâmetros pré-definidos; se alcançado tal intento, o setor poderá determinar, com relativa precisão, índices esperados de desempenho e, a partir daí, passar a controlar a produtividade.

Em termos gerais sobre a relevância do estudo da produtividade, SOUZA (2000) acredita que a mensuração da produtividade da mão de obra seja uma tarefa de extrema relevância, servindo de base para todas as discussões sobre a melhoria da construção. Acredita, ainda, que tais indicadores possam suprir um problema bastante significativo nos atuais sistemas de certificação de empresas, qual seja a falta de avaliação do desempenho das mesmas.

### **3.6 Modelos de Previsão da Produtividade da Mão de Obra**

À medida que se avança no conhecimento do conceito de produtividade da mão de obra, seus indicadores, fatores que induzem sua variação, sua importância e benefícios para a obra, torna-se necessário conhecer modos que auxiliem a previsão da produtividade que se antecipem a execução dos serviços. Com base em modelos sugeridos por Souza (2006), serão discutidos nesse tópico os modos denominados pelo autor: Tradicional, Inovador e Analítico.

#### **3.6.1 Modelo Tradicional**

Esse modelo ainda é o mais utilizado pelas empresas. De fácil entendimento e utilização, os engenheiros orçamentistas e os gestores de obras se apoiam em manuais que possuam a composição do serviço ou em valores médios das produtividades registradas pelas empresas que se preocupam em formar seus próprios bancos de dados.

Para esse modelo, Souza (2003) define as seguintes particularidades:

- Facilidade no uso, na medida em que o usuário utiliza valores pré-estabelecidos por composições e as associa aos quantitativos de saída desejados sem muito esforço;
- Levam-se em conta alguns, mais não muitos, e nem necessariamente os mais importantes, fatores de conteúdo que influenciam a produtividade. Em contrapartida não são considerados os fatores de contexto;

- Por serem valores médios de mercado, eles se tornam valor estático, não há uma faixa de variação que permitam ao usuário trabalhar com limites toleráveis de folga para mais ou para menos.

É possível ainda comentar a respeito da utilização tradicional de previsão da produtividade da mão de obra, que é confortável para os gestores das obras saber através de suas experiências anteriores que os valores adotados de previsão são facilmente superados, o que indica uma margem de segurança. Souza (2006) acredita que a postura de adoção de valores médios de produtividade muito arriscada devido às grandes variações verificadas e às margens reduzidas de lucro que se tem trabalhado atualmente.

### 3.6.2 Modelo Inovador

Ao contrário da tipologia anterior que utiliza valores médios, o Modelo Inovador trabalha com valores flutuantes de produtividade, ou seja, a produtividade varia em faixas acentuadas e está associada a fatores que a influenciam. Dessa forma, os gestores podem associar valores distintos de produtividade aos diferentes graus de dificuldade que cada atividade possui, ou seja, os menores valores de RUP estarão ligados aos fatores favoráveis e os maiores valores de RUP ligados aos fatores desfavoráveis. Essa atitude dos gestores de adotar produtividade variável para momentos diferentes da execução de uma atividade se aproxima mais da programação de obra que o modelo tradicional, pois nesse caso é necessário prever com mais precisão os fatores complicadores da produtividade.

Para exemplificar, alguma empresa que tenha o hábito de registrar a cada obra executada as suas produtividades variáveis e as características da obra de influência sobre essas produtividades, poderia ter a seguinte situação em seu banco de dados: uma faixa de valores de RUP cum oficial variáveis, da execução da tarefa ramal de esgoto, iguais a: 0,22 Hh/m (mínima); 1,30 Hh/m (máxima); 0,50 Hh/m (mediana), representadas na Figura 12.

0,22 Hh/m	0,50 Hh/m	1,30 Hh/m

FATORES FAVORÁVEIS	FATORES DESFAVORÁVEIS
Corte de parede com equipamento elétrico	Corte de parede sem equipamento elétrico
Tubulação assentada em <i>shafts</i>	Tubulação embutida nas paredes
Muitas conexões por metro linear de tubulação	Poucas conexões por metro linear de tubulação
Projeto com soluções simples	Projetos com soluções complexas

**Figura 12 - Faixa de produtividade variável e seus fatores de influência (adaptado de SOUZA, 2006)**

Sobre o Modelo Inovador de previsão de produtividade, Souza (2006) define as seguintes particularidades:

- Mais flexível que o Modelo Tradicional e leva maior confiabilidade à previsão, na medida em que permite determinar-se um valor de RUP coerente com as características do serviço analisado;
- Necessita da determinação do gestor de quais fatores esperados atuarão na futura obra para viabilizar a previsão;
- Representa um caminho alternativo ao Modelo anterior que não acrescenta maiores dificuldade no uso.

É importante salientar que a determinação da faixa de produtividade pode ser elaborada não apenas com base nos dados históricos da empresa, mas também pela coleta dentro da própria obra analisada. Além disso, na medida em que evolua o controle dessa previsão é possível fazer nova aferição dos valores dessa faixa de produtividade variável.

### 3.6.3 Modelo Analítico

O modelo Analítico, diferentemente de seus antecessores, não prevê a produtividade usando apenas o histórico do banco de dados, mas sim um modelo estatístico que proporciona maior probabilidade de precisão na previsão. Souza (2006) define o Modelo Analítico como a decomposição da previsão em várias etapas, dando maior detalhamento a essa disposição a partir da expectativa quanto às dificuldades dos fatores de conteúdo e contexto para definir a produtividade potencial do oficial, acrescentando o efeito da anormalidade. Para a produtividade cumulativa final acrescenta-se a os esforços demandados dos ajudantes diretos e de apoio. O autor sugere para o uso desse método a sequência de etapas a seguir:

- Descrição das partes que compõem a execução da atividade;
- Definição dos fatores relevantes para a  $RUP_{pot\ of}$ ;
- Baseado nos fatores determinados no item anterior, estimar o valor da  $RUP_{pot\ of}$ ;
- Estimar a variação entre a RUP cumulativa e potencial do oficial ( $DRUP_{cum-pot\ of}$ );
- Definir a relação de ajudantes diretos por oficial;
- Definir a equipe de apoio.

Qualquer um dos três Modelos oferece aos gestores de obra uma importante ferramenta de prognóstico da produtividade da mão de obra através da análise, do gestor,

dos possíveis fatores que dificultam a execução das atividades planejadas e sua intensidade de dificuldade. Essa análise, que pode ter origem em experiências anteriores, manuais de orçamento de obras e históricos de empresas, pode seguir caminhos simples ou mais complexos que proporciona maior possibilidade de acerto nas previsões. Entretanto, é necessário que o gestor tenha ciência que cada um desses Modelos pode ser usado em ocasiões específicas exigidas pelas características de cada obra ou atividades. No caso desse trabalho será utilizado o Modelo Inovador de previsão da produtividade na execução dos sistemas prediais abordados.

### **3.7 Estudos Realizados**

Segundo Souza (2000), é fundamental, para o sucesso da construção, a aplicação de instrumentos que avaliem a maior ou menor capacidade de gerir os fatores que acarretam prejuízos às empresas, esse panorama sugere a continuidade de estudos já realizados sobre a produtividade da mão de obra além do incremento de pesquisas direcionadas aos serviços poucos explorados.

São apresentados nesse item os principais estudos realizados no Brasil sobre a produtividade sob a luz do Modelo dos Fatores.

Inicialmente deve-se destacar o estudo realizado por Souza (1996), abordando a produtividade da mão de obra nos serviços de fôrmas, objetivando o desenvolvimento de um método de aferição da produtividade, a detecção de quais fatores causa a sua variação e a quantificação desses fatores influenciadores.

Carraro (1998) realizou o estudo da produtividade no serviço de alvenaria, procurando entender o comportamento da eficiência da mão de obra e os fatores influenciadores através de levantamento e análise dos dados de obras; além disso, destaca-se também neste estudo o levantamento de dados de produtividade do serviço de marcação de alvenaria, inédito até então.

Visando o entendimento do comportamento da produtividade da mão de obra nos serviços de obra bruta, Araújo (2000) realizou estudos para desenvolver um método de previsão e controle da produtividade da mão de obra envolvida na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria. Contemporaneamente, Obata (2000) realizou estudo no intuito de compreender os indicadores de produtividade durante a moldagem de estruturas de concreto armado.

Referentes aos serviços de acabamento de obras, dois estudos foram realizados sobre a produtividade da mão de obra. O primeiro refere-se ao revestimento interno de

paredes e piso em placas cerâmicas, conduzido por Librais (2001). O segundo, realizado por Maeda (2002), abordou os revestimentos internos de parede e tetos em argamassa e em gesso.

Dando continuidade aos estudos de produtividade em serviços já explorados, Dantas (2006) pesquisou a produtividade dos serviços de concretagem em estruturas reticuladas de concreto armado, tendo por objetivo propor um conjunto de medidas para melhoria da eficiência da mão de obra. Para serviços não tão explorados, Paliari (2008) elabora um método para prognosticar a produtividade durante a execução dos SPHSGC. No Quadro 4 apresenta-se um resumo destes trabalhos.

**Quadro 4 – Estudos realizados sobre produtividade e seus objetivos**

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo</b>
Souza (1996)	Metodologia para o estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estrutura de concreto armado.	Diagnóstico
Carraro (1998)	Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria.	Diagnóstico
Araújo (2000)	Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.	Prognóstico
Obata (2000)	Indicadores de produtividade da mão de obra para modelagem de estruturas de concreto armado e indicadores de qualidade dos produtos moldados.	Diagnóstico
Librais (2001)	Método prático para estudo da produtividade da mão de obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas.	Diagnóstico
Dantas (2006)	Proposição de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais.	Diagnóstico/controlado
Paliari (2008)	Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos.	Prognóstico

### **3.8 Considerações finais acerca do capítulo**

Neste capítulo focou-se a necessidade do entendimento da produtividade da mão de obra, servindo aos gestores como um instrumento para a busca constante de melhoria no desempenho da produção. Procurou-se mostrar, para melhor compreensão, a definição de produtividade, os indicadores e suas classificações. Posteriormente, foram abordados os fatores que influenciam os bons resultados e como analisar a produtividade vigente na obra utilizando os dados colhidos para previsão da produção. Por último, abordaram-se os estudos realizados, identificado a abrangência da utilização do estudo da produtividade e em que sistema construtivo foram inseridos tais estudos, ratificando nesse momento a carência nos SPHS.

No próximo capítulo serão abordados os SPHSGC, sistemas estes objetos da proposição do método.

## **4. SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E DE GÁS COMBUSTÍVEL**

As edificações, independente do nível tecnológico incorporado ao seu processo construtivo, se artesanal ou industrializado, independentes de suas finalidades, se é para uso residencial, comercial ou industrial, ou ainda, independente de suas características regionais e culturais, necessitam de forma imprescindível dos SPHS para sua habitabilidade e/ou operacionalidade, exercendo um papel de auxílio às demais atividades dos usuários dessas edificações. A importância dos SPHSGC não está restrita à ponta final do ciclo de vida da edificação, o uso e a ocupação; sua importância encontra-se também nas outras fases do ciclo. Nesse trabalho, o interesse nos SPHSGC volta-se à fase de construção pelo fato da gestão desses serviços ser negligenciada pelo sentimento de facilidade de execução ou, por algumas vezes, desconhecimento dos gestores dessa fase.

Além disso, há poucas produções científicas sobre tais serviços com enfoque na sua gestão, podendo ser exemplificado através da quantidade de publicações envolvendo SPHS durante o último SIBRAGEC (VI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2009), foram publicados 113 artigos e dentre eles apenas 1 voltado aos SPHSGC, ou seja, menos de 1%.

Nesse capítulo serão apresentadas as definições e classificações destes sistemas, assim como será feita uma abordagem sobre o seu método de execução de tal forma a subsidiar a elaboração do método proposto neste trabalho.

### **4.1 Definições e Classificações**

Entendendo que os sistemas prediais podem ser definidos como sistemas físicos integrados a um edifício, Gonçalves (1994) afirma que esses sistemas têm por finalidade dar suporte às atividades dos usuários, suprindo-os com os insumos prediais necessários e propiciando os serviços requeridos.

Dentre os mais comuns, Peixoto (2000) cita o de energia elétrica; água fria, água quente e gás combustível; esgoto e água pluvial; ar condicionado; comunicações de telefonia e interfonia; transportes mecanizados, tais como elevadores e escadas rolantes; segurança e proteção contra incêndio; e automação predial.

Segundo Ilha (1993), o edifício é um sistema é composto por diversos subsistemas que se relacionam, onde o melhor desempenho não é reduzido ao melhor a uma boa solução de cada subsistema, mas na conjunção de todas para atender às funções a que o edifício se destina.

Os sistemas prediais são os subsistemas do edifício que operam interagindo com seus usuários, propiciando os serviços, como: suprimento e deposição de água, energia, gás, comunicação, conforto térmico, ventilação, segurança e transporte (FARINA, 2002), sendo necessário o envolvimento de várias disciplinas da Engenharia para a concepção e domínio destes.

Baseado nas justificativas de analisar as instalações pela sua funcionalidade, Paliari (2008) entende que na abordagem das instalações prediais deve-se considerá-las como um dos subsistemas da edificação que se relaciona com os outros subsistemas e cujas soluções para os problemas devem ser pensadas e adotadas considerando-se o todo e não somente as partes. Assim, as instalações são promovidas a sistemas (ou subsistemas) de uma edificação, cuja definição está relacionada a uma hierarquização da edificação levando-se em consideração as suas partes.

Da mesma forma Boni (2010) entende que é possível afirmar que o edifício é um macro sistema composto por diferentes subsistemas, que por sua vez, quando analisados individualmente, também são sistemas compostos por uma associação de elementos organizados para desempenhar funções específicas.

Sob o ponto de vista amplo, a edificação pode ser considerada como sendo um sistema formado por vários subsistemas interligados entre si, onde se enquadram os serviços de suprimento de água, energia elétrica entre outros. Esta mesma hierarquização pode ser feita ao se analisar especificamente estes serviços, podendo-se atribuir aos mesmos o *status* de “sistemas” e as partes que o compõem de subsistemas.

A partir dessas definições de sistemas e subsistemas é possível relacioná-las com seus respectivos insumos demandados pelos usuários da edificação. No Quadro 5, estão relacionados os principais sistemas, subsistemas e os insumos correspondentes.

**Quadro 5 - Exemplo de insumos, Sistemas prediais e Subsistemas (adaptado de PALIARI, 2008; FARINA, 2002)**

Serviço/insumo	Sistemas prediais	Subsistemas
Água	Hidráulicos e Sanitários	Sistema de água fria; Sistema de água quente; Sistema de esgoto sanitário; Sistema de águas pluviais.
Conforto	Conforto Térmico e Ventilação	Sistema de ar condicionado; Sistema de iluminação; Sistema de ventilação e exaustão; Sistema de calefação.
Energia	Fornecimento e Distribuição de energia	Sistema de gás combustível; Sistema de energia elétrica; Sistema de geração de energia solar.
Comunicação	Telecomunicação	Sistema de telefonia; Sistema de TV; Sistema de interfone; Sistema de lógica e informática.
Transporte	Transporte	Sistema de elevadores; Sistema de esteiras e escadas rolantes.
Segurança	Segurança Contra Incêndio	Sistemas de hidrantes; Sistemas de chuveiros automáticos; Sistemas de detecção de fumaça e alarme; Sistema de pressurização de escadas.
Segurança	Segurança Patrimonial	Sistema de segurança patrimonial; Sistema de controle de acesso; Sistema de circuito fechado e TV.
Automação	Automação Patrimonial	Sistema de integração de sistemas de segurança; Sistema de controle de sistema de iluminação, som e imagem; Sistema de controle e monitoramento de elevadores; Sistema de monitoramento de sistemas hidráulicos e de ar condicionado.

Nesse capítulo serão descritos os sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível, objeto de estudo neste trabalho.

## **4.2 Sistema Predial de Água Fria (SPAF)**

### **4.2.1 Definição**

Segundo a NBR 5626 – Instalações prediais de água fria (ABNT, 1998) o sistema pode ser entendido como o meio condutor de água fria potável, ou não, entre o usuário final e a fonte pública ou particular de abastecimento, composto por tubos, reservatórios, peças de utilização, equipamentos e outros componentes, destinado a conduzir água fria da fonte de abastecimento aos pontos de utilização.

Os materiais e componentes empregados na confecção do sistema obedecem às exigências e recomendações estabelecidas pela Norma. Essas exigências e recomendações seguem três regras básicas: a primeira regra determina que a potabilidade da água não deva ser colocada em risco pelos materiais com os quais estará em contato permanente; na segunda, o desempenho dos componentes não deve ser afetado pelas consequências que as características particulares da água imponham a eles, bem como pela ação do ambiente onde se acham inseridos; a terceira regra determina que os componentes devam ter desempenho adequado face às solicitações a que são submetidos quando em uso.

### **4.2.2 Classificação**

Segunda a NBR 5626 (ABNT, 1998) para determinar classificação do tipo de sistema a ser empregado, o projetista devem levantar as informações a seguir: características do consumo predial (volumes, vazões máximas e médias, características da água etc); características da oferta de água (disponibilidade de vazão, faixa de variação das pressões, constância do abastecimento, características da água etc.); necessidades de reservação, inclusive para combate a incêndio; e no caso de captação local de água, as características da água, a posição do nível do lençol subterrâneo e a previsão quanto ao risco de contaminação. Segundo Paliari (2008) a classificação do sistema predial de água fria é função das pressões e vazões disponíveis do sistema abastecimento da rede pública ou particular, assim como sua continuidade e confiabilidade do abastecimento.

Dessa forma o projeto da rede de distribuição predial pode atender duas tipologias de abastecimento: o sistema direto e o sistema indireto. Existindo subdivisões para cada um dos tipos, de forma que existam várias combinações que satisfaçam os requisitos de desempenho.

#### **4.2.2.1 Sistema Direto de Abastecimento de Água**

No sistema direto, a água provém da fonte de abastecimento pública e chega direto às peças de utilização do edifício, sem haver reservação de água. Para Ghisi (2004), a distribuição direta, devido à taxa de cloro residual existente na água e à inexistência de reservatório no prédio, é normalmente uma garantia de água de melhor qualidade. O principal inconveniente da distribuição direta no Brasil é a irregularidade no abastecimento público e a variação da pressão ao longo do dia provocando problemas no funcionamento de aparelhos como os chuveiros.

Ainda no sistema direto existe a forma de distribuição de água com bombeamento. A água é recalçada diretamente da rede pública para as peças de utilização do difícil. Para Ilha e Gonçalves (1994) esse tipo de sistema é empregado quando a rede pública não oferece água com pressão suficiente para que a mesma seja elevada aos pavimentos superiores do edifício.

#### **4.2.2.2 Sistema Indireto de Abastecimento de Água**

No sistema indireto, assim como o direto, as águas provem do sistema público de abastecimento, entretanto a diferença entre os sistemas ocorre quando houver pressão suficiente na rede pública e descontinuidade no abastecimento, forçando a existência de reservação de água entre a rede pública e o ponto de utilização dos equipamentos pelos usuários. Dessa forma, Ilha e Gonçalves (1994) definem o sistema indireto como sendo aquele onde o sistema de abastecimento alimenta a rede de distribuição através da utilização de um conjunto de suprimento e reservação.

Quando a pressão for insuficiente para levar água ao reservatório superior, devem-se ter dois reservatórios: um inferior e outro superior. Do reservatório inferior a água é lançada ao superior através do uso de conjuntos moto-bomba de recalque. O sistema de distribuição indireto com bombeamento é mais utilizado em grandes edifícios onde são necessários grandes reservatórios de acumulação (GISHI, 2004).

Além dessas configurações de sistema indireto, existe a opção de pressurizar o escoamento da água pela rede de distribuição, utilizando um tanque de pressão com água e ar. Ilha e Gonçalves (1994a) denominam esse sistema como indireto hidropneumático, e classificam em: sem bombeamento, com bombeamento ou ainda com bombeamento e reservatório inferior.

#### **4.2.2.3 Sistema Misto de Abastecimento de Água**

A última categoria de sistema de abastecimento é a configuração mista onde pode ser utilizado o sistema indireto em conjunto com o indireto, ocorrendo com maior frequência em edificações horizontais, onde se utiliza o reservatório para a maioria dos pontos e o

sistema direto para uma torneira de jardim ou um tanque no pavimento térreo. Botelho e Ribeiro Jr. (1998) ressaltam que é desejável que o ponto de filtro de água também seja servido pelo sistema direto, observando-se que essa sistemática previne eventuais contaminações provenientes dos reservatórios.

Essas classificações dizem respeito às vazões e pressões disponíveis no sistema predial de água fria que envolve um conjunto de partes necessárias ao abastecimento da edificação, tais como: tubulações, reservatórios e diversos equipamentos.

#### 4.2.3 Subsistemas<sup>5</sup>

Nesse item do trabalho será feita caracterização dos subsistemas e principalmente seus componentes. Apesar de seus conceitos serem de conhecimento público, é necessário o cumprimento dessa etapa, pois são esses elementos objetos do estudo de caso.

Segundo Paliari (2008) o sistema predial de água fria pode ser dividido em: subsistemas de alimentação, reservação/pressurização e distribuição interna. Conforme o Quadro 6.

**Quadro 6 - Elementos dos sistemas prediais de suprimento de água fria (PALIARI, 2008)**

Subsistema	Elementos
Alimentação	Ramal predial; Cavalete, hidrômetro; Alimentador predial
Reservação/pressurização	Reservatório inferior; Estação elevatória; Reservatório superior
Distribuição interna	Barrilete; Coluna de distribuição; Ramal; Sub-ramal

##### 4.2.3.1 Alimentação

Esse subsistema, no entendimento de Paliari (2008), compreende o ramal predial ou ramal externo; o hidrômetro instalado no cavalete e alimentador predial ou ramal interno, assim a cada subsistema serão detalhados seus elementos.

<sup>5</sup> Ressalta-se que, conforme dito no item 4.1, o entendimento de subsistema, aqui empregado, não é a de uma visão ampla do produto como um todo (um subsistema do sistema da edificação), e sim, de forma isolada, onde o subsistema passa a ser entendido como sistema e suas derivações como sistemas.

- **Ramal predial:** é o trecho executado pela concessionária pública, ligando a rede até o cavalete, mediante requerimento do proprietário (BOTELHO; RIBEIRO JR, 1998). O ramal predial envolve alguns componentes, tais como: o cavalete e o respectivo dispositivo de medição de consumo de água e registro de fecho ou passeio (PALIARI, 2008).
- **Cavalete/hidrômetro:** segundo a NBR 14122 - Ramal predial - Cavalete galvanizado DN 20 – Requisitos (ABNT, 1998), cavalete é: “conjunto de segmentos de tubo, conexões, registro, tubetes, porcas e guarnições, destinado à instalação do hidrômetro, e/ou limitador de consumo, em posição afastada do piso”. O hidrômetro é o aparelho que mede o consumo de água, totalizando volumes, tendo vários tipos (BOTELHO; RIBEIRO JR, 1998).
- **Alimentador predial:** pela NBR 5626 (ABNT, 1998), trata-se da tubulação que liga a fonte de abastecimento a um reservatório de água de uso doméstico. Tubulação entre o ramal predial e a válvula do reservatório (CREDER, 1991).

#### 4.2.3.2 Reservação

Durante a classificação do sistema predial de água fria, apresentou-se, no sistema indireto, a estrutura de reservação de água como um meio de garantir pressão mínima e continuidade no abastecimento dos pontos de utilização de água e a pressurização como um artifício de garantir pressão no ponto de uso no sistema direto, ou garantir abastecimento a partir do reservatório superior. Este subsistema é composto por:

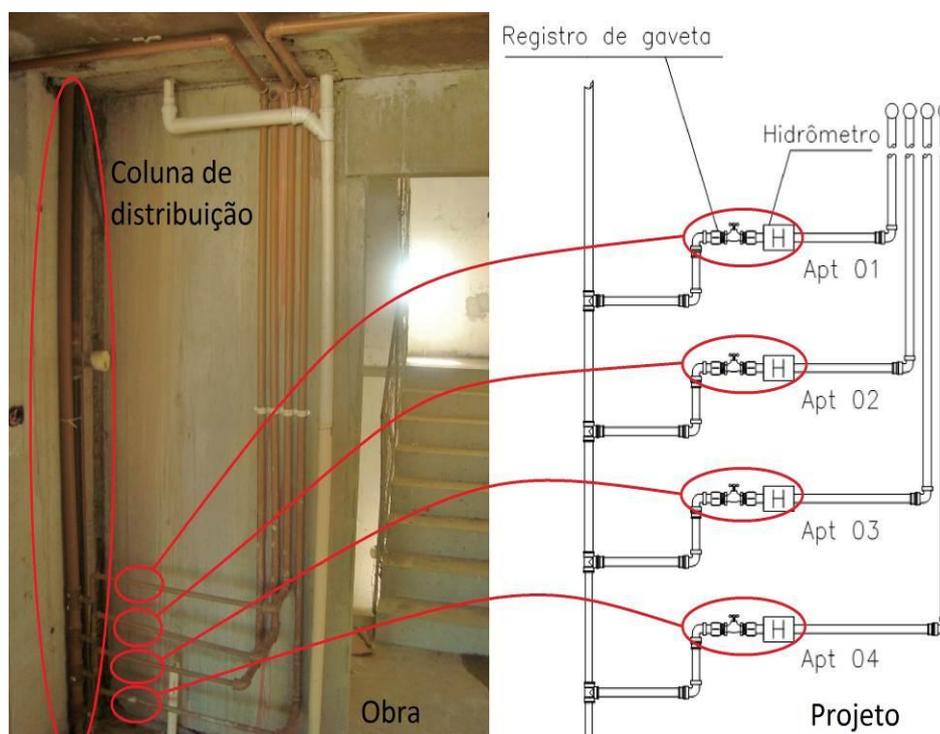
- **Reservatório superior:** nas residências sem bombeamento, que é o sistema mais comum e onde o volume de água exigido é baixo em comparação a outras edificações de grande porte, é necessário apenas o reservatório superior (BOTELHO; RIBEIRO JR, 1998).
- **Reservatório inferior:** os mesmos autores entendem que em edifícios altos ou edificações de grande porte, a reservação inferior é imprescindível, tendo em vista o volume de água necessário, essa reserva inferior se justifica pelos critérios técnicos e econômicos (área ocupada, peso adicional na estrutura).
- **Estação elevatória:** nos sistemas indiretos é necessário transportar a água do reservatório inferior até o reservatório superior, daí para o resto do sistema, através de conjuntos de moto-bomba que possui dois trechos de tubulação (sucção e recalque). A NBR 5626 (ABNT, 1998) prescreve a utilização mínima de duas unidades de elevação de pressão, independentes, com vistas a garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades.

#### 4.2.3.3 Distribuição Interna

Caracterizados os elementos de alimentação e reservação, por ordem natural de classificação do Quadro 6 e de sequência de percurso da água, serão discutidos os elementos do subsistema de distribuição interna:

- **Barrilete:** o conjunto de tubulações de saída do reservatório superior que alimentam as colunas de distribuição. Sendo de dois tipos: concentrado, ou unificado, ou ainda central onde as colunas se ligam ao reservatório de forma conjunta e indireta; e o tipo ramificado, onde as colunas se ligam ao reservatório de forma indireta e não concentrado. Correlacionando ao sistema direto ou indireto, a NBR 5626 (ABNT, 1998) define o barrilete como sendo a tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as colunas de distribuição, quando o tipo de abastecimento é indireto. No caso de tipo de abastecimento direto, pode ser considerado como a tubulação diretamente ligada ao ramal predial ou diretamente ligada à fonte de abastecimento particular.
- **Coluna de distribuição:** compreende os elementos que levam a água desde a estação elevatória, ou do reservatório, caso esta última seja desnecessária, até os pontos de consumo (ILHA; GONÇALVES, 1994a). A NBR 5626 (ABNT, 1998) complementa com a informação de que a tubulação derivada do barrilete (coluna de distribuição) está destinada a alimentar ramais.

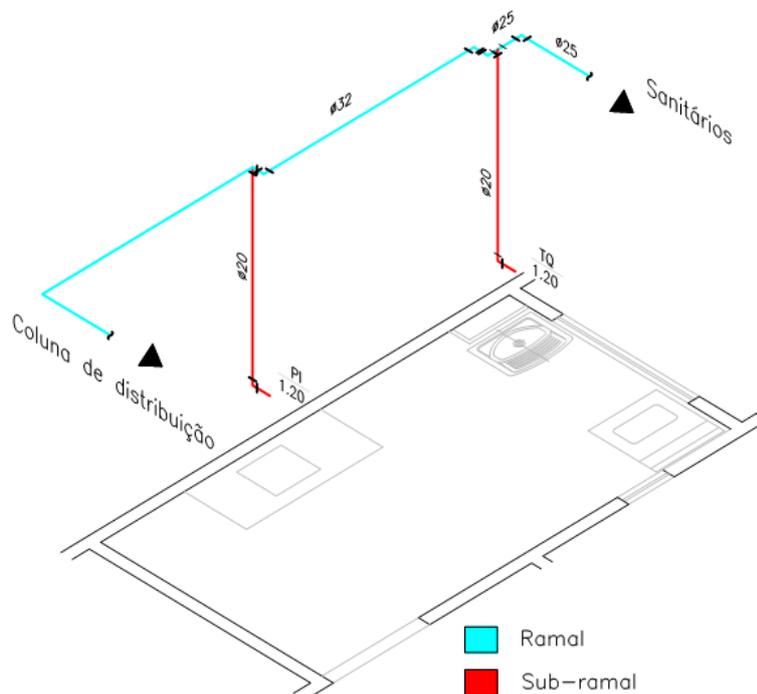
É importante esclarecer que a regulamentação, e possível obrigatoriedade, da individualização do consumo de água nas edificações, se passa a ter apenas uma coluna de distribuição e tantos hidrômetros quantos necessários por pavimento, como exemplificado na Figura 13.



**Figura 13 – Exemplo de execução de coluna de distribuição, e futura instalação de múltiplos hidrômetros por pavimento de uma obra em execução.**

- **Ramal:** a NBR 5626 (ABNT, 1998) define como sendo tubulação derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.
- **Sub-ramal:** tubulação que liga o ramal ao ponto de utilização.

Na Figura 14, estão exemplificadas, em projeto, as definições de ramal e sub-ramal predial de água fria. A disposição mostra uma cozinha conjugada à área de serviço e seus pontos de abastecimento de água. Em destaque azul se encontra o ramal vindo da coluna de distribuição (com  $\varnothing 32$  mm), com derivações para os pontos de pia e tanque, e segue (com  $\varnothing 25$  mm) para o abastecimento dos pontos do banheiro e máquina de lavar. Em vermelho estão os sub-ramais com diâmetro nominal de 32 mm.



**Figura 14 – Representação dos elementos ramal (em azul) e sub-ramal (em vermelho)**

### 4.3 Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES)

#### 4.3.1 Definição

Pela NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução (ABNT, 1999), o sistema consiste num conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar e transportar o esgoto sanitário, garantir o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitar o encaminhamento dos mesmos para os ambientes sanitários.

O sistema se inicia em um aparelho sanitário (lavatório, banheira etc.), do qual a água servida passa para um ramal de descarga, que deságua em uma caixa sifonada. Esta concentra as descargas de outros ramais e deságua por meio do ramal de esgoto na caixa de inspeção. Dessa caixa o esgoto segue para o coletor público. O ramal de descarga das bacias sanitárias, devido à característica do material que transporta, despeja-o diretamente no ramal de esgoto (BOTELHO; RIBEIRO JR, 1998).

Em edificações de pavimentos superpostos, o sistema é idêntico até o ramal de esgoto, que se liga a um tubo de queda vertical, que no pavimento térreo se liga a caixa de inspeção e daí vai ao coletor público. O ramal de descarga da bacia sanitária se liga diretamente ao tubo de queda.

O conjunto de tubulações e dispositivos em que não há acesso de gases provenientes do coletor público ou dispositivos de tratamento é denominado de instalações secundárias de esgoto, como os ramais de descarga. Por outro lado, os ramais de esgoto, o tubo de queda e os coletores constituem a instalação primária de esgoto, pois têm acesso a ela os gases provenientes da rede pública ou dos dispositivos de tratamento de esgoto.

#### **4.3.2 Classificação**

Segundo Amorim (2000) o sistema predial de esgoto sanitário, que transporta todo o esgoto gerado na edificação até um sistema particular de tratamento (fossa séptica) ou até a rede pública, é constituído pelas seguintes partes:

- Subsistema de coleta;
- Subsistema de transporte do esgoto sanitário;
- Subsistema de ventilação;
- Subsistema de disposição.

O subsistema de coleta é composto pelos aparelhos sanitários. O subsistema de transporte compreende as tubulações e acessórios destinados a captar o esgoto sanitário e conduzi-lo a um destino adequado. O subsistema de ventilação, também composto por um conjunto de tubulações, destina-se a garantir a integridade dos fechos hídricos<sup>6</sup>, de modo a impedir a passagem de gases para o ambiente utilizado, assim como conduzir tais gases à atmosfera. O subsistema de disposição pode ser o sistema público de coleta ou fossas sépticas.

O critério básico de classificação do sistema predial de esgoto sanitário consiste no tipo de subsistema de ventilação a ser utilizado em função do nível de ventilação requerido no mesmo. Sua classificação pode ser quanto ao dispositivo utilizado na sua ventilação. De acordo com este critério, tem-se o sistema predial de esgoto sanitário com subsistema de ventilação convencional e o sistema predial de esgoto sanitário com sistema de ventilação alternativo, dotado de válvulas de admissão de ar (PALIARI, 2008).

##### **4.3.2.1 SPES Apenas com Ventilação Primária**

Nesta tipologia há apenas previsão da ventilação primária, através do prolongamento do tubo de queda. Para a sua utilização, é necessário verificar a magnitude das pressões desenvolvidas no interior do sistema predial de esgoto sanitário, de forma a evitar o rompimento dos fechos hídricos (AMORIM, 2000).

---

<sup>6</sup> Fecho hídrico pela NBR 8160 (ABNT, 1999) é a camada líquida, de nível constante, que em um desconector veda a passagem dos gases.

#### 4.3.2.2 SPES com Ventilação Primária e Secundária

O subsistema de ventilação desta tipologia divide-se em primário e secundário. Compreendendo o subsistema de coleta e transporte de esgoto sanitário através dos aparelhos sanitários, ramais de descarga e de esgoto, tubo de queda, subcoletores e coletores e o subsistema de ventilação, cuja finalidade é garantir a integridade dos fechos hídricos, de modo a impedir a passagem de gases para o ambiente utilizado. A ventilação primária, como dita anteriormente, é a extensão do tubo de queda; já a ventilação secundária é composta de coluna e ramais de ventilação (AMORIM, 2000). A Figura 15 representa o subsistema de ventilação secundária.

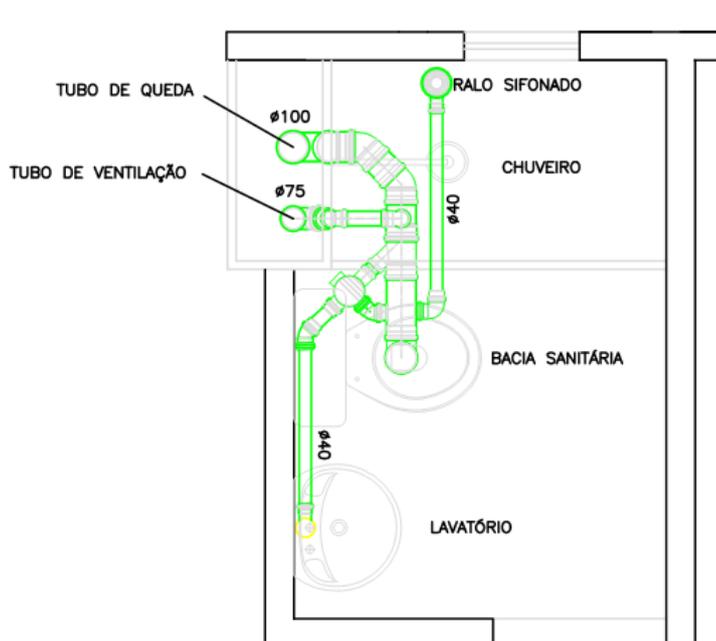


Figura 15 – SPES com ventilação primária e secundária (planta)

#### 4.3.2.3 SPES com Válvulas de Admissão de Ar

Utilizam-se as válvulas de admissão de ar, que são, segundo Fernandez e Gonçalves (2002), dispositivos cujo princípio de funcionamento está baseado no fato dessas abrirem e admitirem ar para o interior das tubulações quando ocorrem depressões ocasionadas pelo escoamento dos aparelhos sanitários e fecham na presença de pressões positivas ou pressões atmosféricas.

As válvulas de admissão de ar (V.A.A.) são utilizadas no intuito de substituir os ramais e colunas de ventilação. Esta substituição é possível uma vez que tais dispositivos também podem equilibrar as pressões pneumáticas que normalmente se estabelecem no

interior do sistema quando solicitado (AMORIM, 2006). As válvulas de admissão de ar podem ser utilizadas de duas maneiras dependendo da localização e dimensão de instalação:

- Válvulas que possuem dimensões maiores são instaladas sobre o tubo de queda de forma a evitar a perfuração dos telhados, exemplificado na Figura 16;
- A segunda maneira de utilização é com válvulas de dimensões menores e instaladas nos ramais de descargas e de esgoto, como exemplificado na Figura 17.



**Figura 16 - Válvula de admissão de ar sobre tubo de queda (AMORIM, 2000)**



**Figura 17 - Válvula de admissão no ramal de esgoto (AECweb, 2010)**

### 4.3.3 Componentes dos SPES

Assim como no subsistema predial de água fria, nesse item, serão apresentados os componentes do subsistema de esgoto sanitário e suas definições. A NBR 8160 (ABNT, 1999) e Amorim e Ilha (2006) apresentam o sistema predial de esgoto sanitário dividido nas seguintes partes:

- **Subsistema de coleta e transporte do esgoto sanitário:** consiste no conjunto de aparelhos sanitários, tubulações e acessórios destinados a captá-lo e conduzi-lo a um destino adequado. Esse subsistema possui como elementos constituintes os aparelhos, ramais de descarga, ramais de esgoto, tubos de queda, subcoletores e coletores (ABNT, 1999);
- **Subsistema de ventilação:** consiste em um conjunto de tubulações ou dispositivos destinados a encaminhar os gases para a atmosfera e evitar que os mesmos se encaminhem para os ambientes sanitários. O subsistema é composto por barrilete de ventilação, ramal de ventilação e tubo de ventilação (ABNT, 1999);
- **Subsistema de disposição do esgoto sanitário:** composto por sistema público de coleta ou fossas sépticas. Segundo Amorim e Ilha (2006) a fossa séptica podem receber despejos de todos os aparelhos sanitários, inclusive cozinhas e lavanderias.

#### 4.3.3.1 Elementos de Coleta e Transporte

Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999) as definições para os elementos para o subsistema de coleta e transporte são:

- **Aparelhos sanitários:** aparelho ligado à instalação predial e destinado ao uso de água para fins higiênicos ou a receber dejetos ou águas servidas;
- **Ramal de descarga:** tubulação que recebe diretamente os efluentes de aparelhos sanitários;
- **Ramal de esgoto:** tubulação primária que recebe os efluentes dos ramais de descarga diretamente ou a partir de um desconector<sup>7</sup>;
- **Tubo de queda:** tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga;

---

<sup>7</sup>Desconector segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999) é o dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto.

- **Subcoletores:** tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto;
- **Coletores:** trecho de tubulação compreendido entre a última inserção de subcoletor, ramal de esgoto ou de descarga, ou caixa de inspeção geral e o coletor público ou sistema particular.

#### 4.3.3.2 Elementos do Subsistema de Ventilação

Assim como no item anterior as definições dos elementos desse subsistema será feito com base na mesma norma.

- **Barrilete de ventilação:** tubulação horizontal com saída para a atmosfera em um ponto, destinada a receber dois ou mais tubos ventiladores;
- **Ramal de ventilação:** tubo ventilador que interliga o desconector, ou ramal de descarga, ou ramal de esgoto de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou a um tubo ventilador primário;
- **Tubo de ventilação:** tubo destinado a possibilitar o escoamento de ar da atmosfera para o sistema de esgoto e vice-versa ou a circulação de ar no interior do mesmo, com a finalidade de proteger o fecho hídrico dos desconectores e encaminhar os gases para atmosfera.

#### 4.3.3.3 Elementos de Disposição

Segundo a NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos ABNT (1993), Amorim e Ilha (2006) e Botelho e Ribeiro Jr (1998), a disposição final dos esgotos sanitários pode ser feita de duas maneiras. A primeira opção de disposição é na rede pública de coleta de esgoto, preferencialmente. A segunda opção deve ocorrer quando, na ausência da primeira, a disposição do esgoto é feita no sistema particular, que no caso são os tanques sépticos.

- **Coletor público:** é separador absoluto, ou seja, recebe somente efluentes dos coletores prediais de esgoto, não se admitindo a inclusão de coletores de águas pluviais, que têm destino próprio. O líquido recolhido deve ser tratado antes da disposição (BOTELHO E RIBEIRO JR, 1998);
- **Tanque séptico:** unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão (ABNT, 1993).

## 4.4 Sistema Predial de Água Pluvial (SPAP)

### 4.4.1 Definição

O sistema de predial de água pluvial é uma disposição de dutos que, segundo Paliari (2008), se destina à captação, condução e destinação para o local adequado das águas de chuvas que se precipitam sobre os edifícios incluindo as coberturas, as paredes inclinadas e verticais, os terraços, marquises e rampas.

A NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989) estabelece que o SPAP se destine exclusivamente ao recolhimento e condução das águas pluviais, não se admitindo quaisquer interligações com outras instalações prediais e que as águas captadas e conduzidas pelo sistema não devem ser lançadas em redes de esgoto, usadas apenas para águas de despejos, líquidos domésticos ou industriais.

Por ser um sistema relativamente mais simples que os demais de serviços de instalações, não há classificação de subsistemas. Dessa forma no próximo subtítulo serão abordados os elementos do SPAP.

### 4.4.2 Elementos

No sistema predial de água pluvial é composto por elementos de captação (calhas, ralos e rufos), elementos de condução (duto vertical ou tubo de queda e duto horizontal) e elementos de disposição final (terreno, sarjeta, coletor público e cisternas):

- **Calhas:** canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino, sendo elas do tipo água-furtada, de beiral, e de platibanda (ABNT, 1989);
- **Ralos:** caixa dotada de grelha na parte superior, destinada a receber águas pluviais, dos tipos plano ou hemisférico (ABNT, 1989);
- **Duto vertical:** tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício (ABNT, 1989);
- **Duto horizontal:** canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais (ABNT, 1989);
- **Terreno:** o descarte pode ser em um terreno, usando um leito de pedras no local do impacto da água para que não haja erosão;

- **Sarjeta e coletor público:** na sarjeta da rua por uma tubulação enterrada sobre o passeio, e no sistema público o descarte da água da chuva chega a um córrego ou rio;
- **Cisterna:** reservatório inferior que recebe as águas das chuvas, coletadas pelas calhas.

## 4.5 Sistema Predial De Água Quente (SPAQ)

### 4.5.1 Definição

Pela Norma 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente (ABNT, 1993) o SPAQ, quando projetado e construído, deve garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente e temperatura controlável, com segurança, aos usuários, com as pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários e das tubulações. Além disso, o sistema deve preservar a potabilidade da água, proporcionar conforto aos usuários e racionalizar o consumo de energia.

### 4.5.2 Classificação

A classificação do sistema predial de água quente está relacionada à forma de produção de água quente, fonte de energia utilizada no aquecimento da água e na necessidade de acumulação ou não da água aquecida (PALIARI, 2008). Em outras palavras, Benedicto (2009) diz que a definição do sistema de aquecimento adotado deverá determinar a necessidade ou não de haver armazenamento de água quente.

Segundo Ilha e Gonçalves (1994b), e Amorim e Ilha (2006) os SPAQ podem ser classificados em individual, central privado e central coletivo dentro de dois subsistemas: produção de água quente e distribuição de água quente.

#### 4.5.2.1 Individual

Quando o aquecimento é efetuado para a alimentação de um único ponto. A água fria que entra nesse aquecedor pode ser proveniente da rede comum que abastece os outros pontos de consumo de água fria, tendo no seu subsistema de geração como fontes energéticas principais a eletricidade e o gás combustível (AMORIM; ILHA, 2006).

Paliari (2008) ressalta que como o aquecimento é feito junto ao ponto de consumo, não há condução de água quente nas tubulações, não exigindo tubulações específicas para

tal. Desta modalidade de aquecimento tem-se como exemplos o chuveiro e as torneiras elétricas para pias da cozinha.

#### **4.5.2.2 Central Privado**

Benedicto (2009) classifica esse subsistema de aquecimento quando são alimentados vários pontos ao mesmo tempo da mesma unidade habitacional (apartamento). Poderá ser feito por meio de aquecedor instantâneo ou por aquecedor de acumulação.

Segundo Amorim e Ilha (2006), dentro do seu subsistema de geração, podem ser citadas como fontes geradoras de energia o gás combustível, eletricidade, óleo combustível, lenha e energia solar. Já no subsistema de distribuição a condução da água quente ocorre basicamente por ramais que vão do equipamento de aquecimento aos pontos de consumo através de trajetos curtos e devidamente isolados, podendo haver uma recirculação de água pela rede, que após a alimentação dos ambientes de consumo, retorna ao aquecedor.

#### **4.5.2.3 Central Coletivo**

Acontece quando o subsistema de aquecimento alimenta várias unidades habitacionais (apartamentos) de uma edificação ao mesmo tempo, sendo a distribuição até as unidades através de redes de distribuição, recomendando-se a recirculação de água quente na rede principal de distribuição (BENEDICTO, 2009).

Para o subsistema de geração entende-se que, por abastecer várias unidades, fica implícito a reservação do volume a ser aquecido, constituindo assim o elemento caldeira que incorporam dispositivos de aquecimento a gás combustível e a eletricidade, possibilitando a variação da fonte energética (AMORIM; ILHA, 2006).

Já o subsistema de distribuição pode ser ascendente, descendente ou misto. Na distribuição descendente, um barrilete superior alimenta as colunas, que por sua vez alimenta os ramais e esses os pontos de consumo; na distribuição ascendente, por sua vez, tem-se o barrilete inferior, e na modalidade de distribuição mista há combinação das duas modalidades anteriores.

### **4.5.3 Elementos**

Por ser um sistema muito parecido com o SPAF, há uma equivalência entre seus elementos, sendo, basicamente, esses segundo a ABNT (1993):

- **Reservatório de água quente;**
- **Aquecedor (acumulação ou instantâneo);**
- **Coluna de distribuição;**

- **Ramal;**
- **Sub-ramal;**
- **Misturador;**
- **Ponto de consumo.**

## 4.6 Sistema Predial de Prevenção e Combate a Incêndio (SPPCI)

### 4.6.1 Definição

Sistema que objetiva proteger as pessoas e o patrimônio, devendo ser tomada uma série de medidas de proteção contra o fogo cada vez que for projetada e construída uma edificação, de acordo com o projeto e mantido permanentemente em condições de utilização máxima (BRENTANO, 2005). Para esse autor, o sistema de proteção e combate a incêndio está dividido em instalações móveis, os extintores, e instalações fixas automáticas e/ou através de comando:

- **subsistema fixo automático**<sup>8</sup>: caracteriza-se pelo acionamento automático por ocasião do incêndio, funcionando mediante o calor do fogo, divide-se em chuveiros automáticos (*sprinklers*) e bicos nebulizadores de média e alta pressão;
- **subsistema fixo sob comando**: caracteriza-se por serem operados manualmente, constituídos por pontos de água localizados estrategicamente em áreas protegidas, e divide-se em subsistemas de hidrantes e de mangotinhos<sup>9</sup>.

Para esse trabalho, entende-se que o subsistema fixo sob comando utilizando o hidrante é o mais adequado para ser desenvolvido junto aos demais subsistemas, devido as semelhança tanto da execução, quanto a utilização dos operários, e por ser mais utilizado nas edificações proporcionando maiores vazões.

### 4.6.2 Subsistema Fixo sob Comando por Hidrante

Constituído por tomadas de incêndio, que são estrategicamente distribuídas em locais da edificação, nas quais há uma ou duas saídas de água (BRENTANO, 2005). A composição desse subsistema, segundo a NBR 13714 - Sistemas de hidrantes e de

---

<sup>8</sup> Denominado por Brentano (2005) como sistema. Porém nesse trabalho o autor segue o entendimento da nota 4, denominando como subsistema fixo automático, o que vale para o de comando.

<sup>9</sup> Mangotinho segundo a NBR 13714 - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio (ABNT, 2000) é o ponto de tomada de água onde há uma saída contendo válvula de abertura rápida, mangueira semi-rígida, esguicho regulável e demais acessórios.

mangotinhos para combate a incêndio (ABNT, 2000), se constitui por reserva de incêndio, bombas de incêndio (quando necessário), rede de tubulação, hidrantes e outros acessórios descritos pela Norma, sendo abastecido pelo reservatório superior (por gravidade), ou pelo reservatório inferior (por motor-bombas automáticas).

#### **4.6.3 Elementos**

Segundo Brentano (2005), o subsistema de fixo de combate a incêndio utilizando hidrantes através de reservatório superior é composto basicamente por:

- **Reservatório superior;**
- **Barrilete de incêndio;**
- **Válvula de gaveta e retenção;**
- **Conjunto motor-bombas (quando houver necessidade);**
- **Dispositivo de acionamento de bombas;**
- **Coluna(s) de incêndio e seus ramais;**
- **Hidrante de recalque ou de passeio;**
- **Circuitos de alarmes;**
- **Caixas de incêndio.**

O subsistema de fixo de combate a incêndio utilizando hidrantes através de reservatório inferior é composto basicamente pelos mesmos elementos que o subsistema anterior, diferenciando apenas pela utilização do reservatório inferior.

## **4.7 Sistema Predial de Gás Combustível (SPGC)**

### **4.7.1 Definição**

Vasquez (2009) define que o sistema predial de gás combustível para suprimento de gás combustível em residências tem por objetivo o abastecimento de fogões domésticos e aquecedores de água e, mais raramente, algum outro equipamento que porventura o necessite, utilizando-se duas formas de alimentação residencial: (a) por caminhões que abastecem centrais que contém recipientes transportáveis ou estacionários e (b) redes de distribuição pública, sendo respectivamente para cada uma dessas formas de distribuição utilizado o gás liquefeito de petróleo (GLP) e o gás natural (GN).

#### 4.7.2 Subsistemas

Basicamente, o suprimento dos pontos de consumo de gás no SPGC está dividido em dois subsistemas: o primeiro com apenas uma prumada ou prumada coletiva e o segundo com várias prumadas ou prumadas individuais.

##### 4.7.2.1 Sistema com Prumada Coletiva

No sistema com prumada coletiva a medição, quando é feita, é individual, no pavimento de consumo. Da central de botijões no pavimento térreo, o gás é levado aos medidores de cada andar através da coluna de alimentação. Para os apartamentos, a tubulação deriva da coluna de alimentação para os ramais de distribuição, chegando aos pontos de consumo através dos sub-ramais (AMORIM; ILHA, 2006).

##### 4.7.2.2 Sistema com Prumada Individual

Já o sistema com prumadas individuais a tubulação, após passar pela central de botijões, chega a uma central de medição localizada geralmente no pavimento térreo da edificação. Dessa central de medição parte um feixe de colunas individuais de alimentação, uma para cada apartamento, chegando aos pontos de consumo através do ramal e sub-ramais de alimentação (AMORIM; ILHA, 2006).

#### 4.7.3 Elementos

Basicamente o sistema predial de gás combustível possui os seguintes elementos:

- **Ramal externo:** trecho da tubulação que interliga a rede geral ao registro geral de corte ou abrigo do regulador de primeiro estágio, quando este existir segundo a norma NBR 13933 - Instalações internas de gás natural (GN) - Projeto e execução (ABNT, 1997);
- **Abrigo do Regulador de pressão:** construção destinada à proteção de um ou mais medidores com seus complementos (ABNT, 1997);
- **Ramal interno:** trecho da tubulação que interliga o ramal externo ao(s) medidor(es) ou derivações ou ao(s) regulador(es) de segundo estágio (ABNT, 1997);
- **Medidores de vazão e abrigo;**
- **Sistema de distribuição:** executada pode estar embutida em pisos, paredes ou simplesmente superficial, porém nunca passando no interior dos dormitórios (VAZQUEZ, 2009);

- **Pontos de Consumo.**

#### 4.8 Especificação dos Materiais Empregados

A especificação do material adotado para execução é, certamente, um dentre vários fatores de conteúdo que pode afetar a produtividade da mão de obra e, conseqüentemente, alterar o dimensionamento da equipe. Portanto, serão apresentados os principais materiais empregados para os sistemas adotados nesse trabalho.

Segundo Amorim e Ilha (2006) os materiais mais usados para as tubulações e conexões são:

- **Água fria:** PVC rígido, aço galvanizado e polietileno reticulado (PEX);
- **Água quente:** cobre, CPVC, polietileno reticulado (PEX) e polipropileno reticulado random (PPR);
- **Esgoto sanitário e água pluvial:** PVC sanitário, PVC reforçado e ferro fundido;
- **Combate a incêndio:** cobre e aço galvanizado;
- **Gás combustível:** cobre.

Segundo Paliari (2008), hoje o mercado vive uma disputa entre os materiais metálicos, reduzidos basicamente ao cobre, e os materiais plásticos, reforçados com a inserção de novas opções como o polietileno reticulado e o PPR, utilizados na condução de água fria e quente.

##### 4.8.1 PVC

O PVC é adequado para os mais variados empregos no campo da hidráulica (transportando fluidos) e em todas as outras aplicações em que o baixo peso associado a um bom comportamento físico-mecânico seja requerido. Possui ainda como qualidades uma boa vazão hidráulica, resistência mecânica, atoxidade, impermeabilidade absoluta e absoluta insensibilidade à ação corrosiva (GABRI, 2004).

Substituindo antigos tubos de ferro por tubos de plásticos, o uso de tubos de PVC (cloreto de polivinila) constitui num grande avanço nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários ao longo tempo. O PVC atende a todos os requisitos de desempenho dos tubos de ferro, avançando em questões de durabilidade e necessidade de manutenção, minimizando a corrosão e perdas de desempenho. Como consequência, surge uma série de peças e acessórios que facilitam o projeto e sua execução (ARO; AMORIM, 2004).

#### 4.8.2 Cobre

Para Ghisi (2005) o cobre como elemento de tubulações torna o custo dos serviços mais elevados, entretanto eleva a vida útil do sistema, pois o limite de temperatura fica acima do mínimo normalmente exigido. O cobre apresenta excelente resistência à corrosão e à pressão, como também resistência ao golpe de aríete.

Para os sistemas prediais de água fria, água quente, prevenção e combate a incêndio e gás combustível as normas utilizadas para suas regulamentações são respectivamente:

- **SPAF:** NBR 13206 - Tubo de cobre leve, médio e pesado sem costura, para condução de água e outros fluidos – Especificação (ABNT, 1994);
- **SPAQ:** NBR 7417 - Tubo extraleve de cobre, sem costura, para condução de água e outros fluidos (ABNT, 1982); NBR 7542 - Tubo de cobre médio e pesado, sem costura, para condução de água (ABNT, 1982);
- **SPPCI:** NBR 13206 - Tubo de cobre leve, médio e pesado sem costura, para condução de água e outros fluidos – Especificação (ABNT, 1994);
- **SPGC:** NBR 13206 - Tubo de cobre leve, médio e pesado sem costura, para condução de água e outros fluidos – Especificação (ABNT, 1994).

#### 4.8.3 Ferro

O ferro apresenta custo elevado, embora menor que o do cobre. Devido às incrustações e corrosões, pode apresentar vida útil mais reduzida se comparado ao cobre. As juntas são rosqueadas, exigindo mão de obra especializada (GHISI, 2005). Muito pouco usado atualmente, o ferro fundido é utilizado para execução dos sistemas prediais de esgoto sanitário.

#### 4.8.4 CPVC

Termoplástico semelhante ao PVC, porém com maior percentual de cloro, o policloreto de vinila clorado é o material que apresenta o menor custo para condução de água quente. Apresenta vida útil longa, baixo coeficiente de dilatação e baixa condutividade térmica, o que dispensa o uso de isolamento térmico. As juntas são soldáveis, exigindo mão de obra treinada (GHISI, 2005).

#### **4.8.5 Polipropileno Copolímero Randon (PPR)**

O polipropileno é uma resina polioléfinica, cujo principal componente é o petróleo. Por sua versatilidade apresenta várias aplicações, e dentre elas se destaca o uso nas instalações de água quente. Sua instalação é relativamente fácil, sendo as conexões e emendas soldadas por termofusão (GHISI, 2005). O PPR é utilizado nos sistemas prediais de água fria e água quente.

#### **4.8.6 Polipropileno Reticulado (PEX)**

O PEX é aplicado quase que na sua totalidade nos sistemas prediais de água fria e água quente, em substituição aos materiais tradicionalmente empregados nestes sistemas, como o PVC, CPVC e o cobre (PALIARI, 2008). Tem como fortes características a flexibilidade, ausência de fissuras por fadiga, vida útil prolongada e boa resistência à temperatura.

### **4.9 Execução**

Segundo Aro (2004), as empresas construtoras devem utilizar processos executivos que minimizem a interferência entre os SPHSGC e os demais sistemas, que melhorem a viabilidades de execução através da redução da quantidade de atividades, e que sejam de fácil acesso e que tenham mínima interferência em sua manutenção.

Segundo Ilha (1993), as alterações de projeto, projetos sem detalhamentos, erros de marcação de passagens de tubos nas lajes, entre outros, são os maiores problemas encontrados durante a fase de execução. Alguns desses erros podem ser exemplificados pela Figura 18 e pela Figura 19.



**Figura 18 – Retrabalho da execução por falha de marcação na passagem de tubulação**



**Figura 19 – Falta de previsão de ralo nas cozinhas dos apartamentos geminados**

São comuns também execuções erradas e fora da especificação do fabricante, como exemplificado na Figura 20, onde se verifica a falta de conexão adequada e a adaptação do tubo na obra.



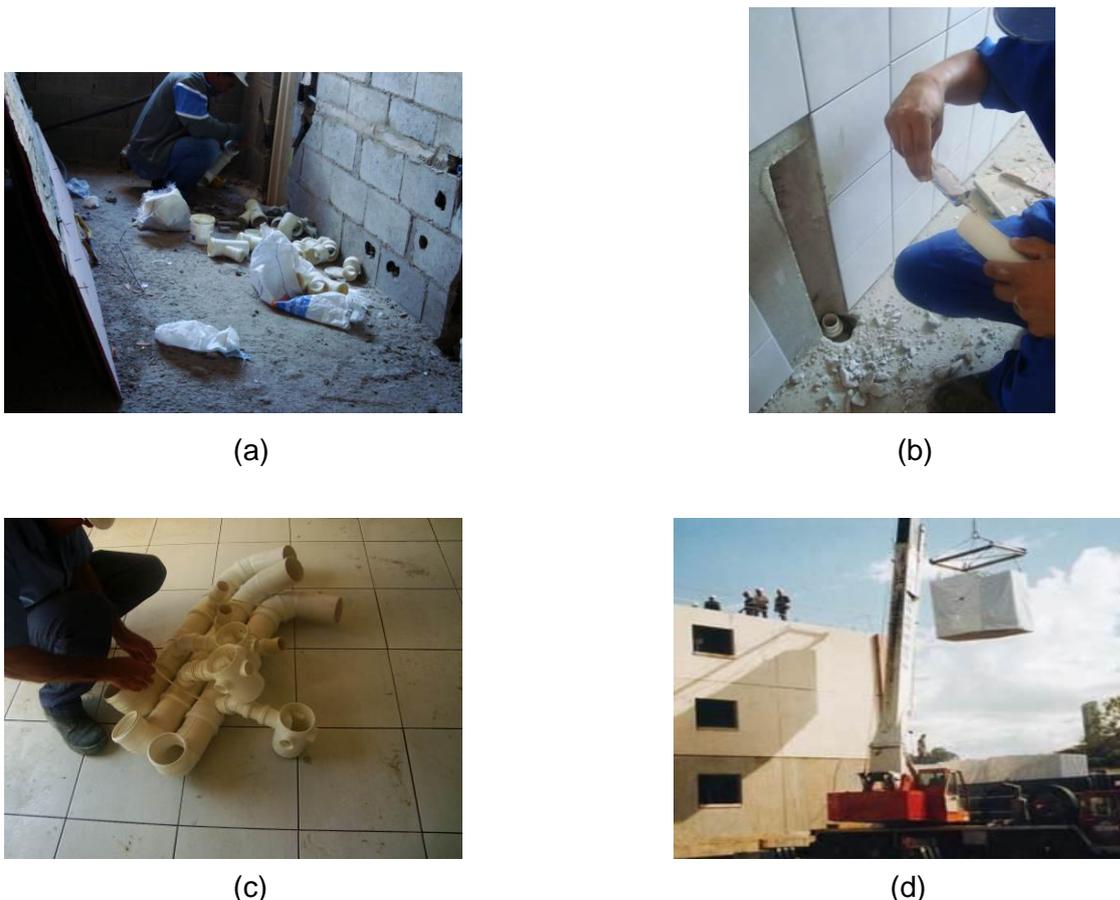
**Figura 20- Exemplo de execução fora das especificações do fabricante**

A solução desses e dos demais problemas dos SPHSGC deve ocorrer na elaboração do projeto para a produção<sup>10</sup> e durante a execução. Para o projeto, Boni (2010) entende que esse deve considerar as interfaces físicas com os demais subsistemas especificando detalhadamente o modo de execução e a sucessão das etapas de trabalho. Este processo permite, entre outros fatores, o aumento da produtividade. Quanto à execução, é preciso constante controle sobre o procedimento operacional de forma a garantir a qualidade do produto, evitando futuro problema patológico, que incorram em manutenção corretiva.

Durante a execução, a empresa, seja ela terceirizada ou não, pode adotar a tecnologia construtiva tradicional, racionalizada, de pré-fabricação ou industrializada, a depender da característica e tipologia utilizadas pelos outros subsistemas construtivos (estrutural e vedação), os quais os SPHSGC interagem diretamente (Figura 21). Segundo Aro (2004), as ações para execução dos SPHSGC são integradas às ações de outros subsistemas, relacionadas às estratégias adotadas pela empresa para execução do edifício.

---

<sup>10</sup> Entendendo aqui como projeto para produção um projeto específico, voltado exclusivamente para a produção do produto e que soluciona com antecedência as interferências durante a execução.



**Figura 21 – Exemplo de tecnologias construtivas dos SPHS, (a) Tradicional; (b) Racionalizada; (c) Pré-fabricada; (d) Industrializada**

Na obra, com exceção da tecnologia construtiva industrializada, que se resume a superposição de módulos previamente prontos de ambientes hidráulicos e sanitários com ligações entre si que garantam o fluxo de descarga e alimentação dos insumos, a execução dos SPHSGC compreende basicamente as técnicas construtivas de marcação ou locação de tubos; corte e rasgo de elementos de sistemas estrutural e de vedação para transpor e embutir tubulações; montagem dos elementos hidráulicos, sanitários e de gás combustível; e sua fixação.

#### 4.9.1 Marcação

Procedimento que tem por finalidade traçar o percurso da tubulação representado as medidas da escala reduzida do projeto para o local real. Para a maioria das tecnologias construtivas utilizadas nas obras, a execução da marcação, segundo Gonçalves e outros (2000), utilizam-se metro ou trena, régua, nível e lápis, marcando-se pontos tomando como referencia portas, janelas, pilares e pisos. Utilizando a régua e nível de bolha, traça-se o

percurso vertical e horizontal. A técnica de marcação não é utilizada apenas para locar a tubulação em paredes e durante a instalação e sim, também para locar as travessias ou passagens da tubulação durante e após execução vigas e lajes.

#### 4.9.2 Corte e Rasgo

Após a marcação, conforme projeto, torna-se possível o assentamento das tubulações, podendo transfixar a alvenaria e estrutura (lajes, vigas e pilares) ou ser fixadas diretamente nesses elementos, ou ainda embutidas. No caso da transfixação, pode ocorrer em passagens executadas, nas estruturas, durante a concretagem com a aplicação de caixas que modelem as aberturas (Figura 22).



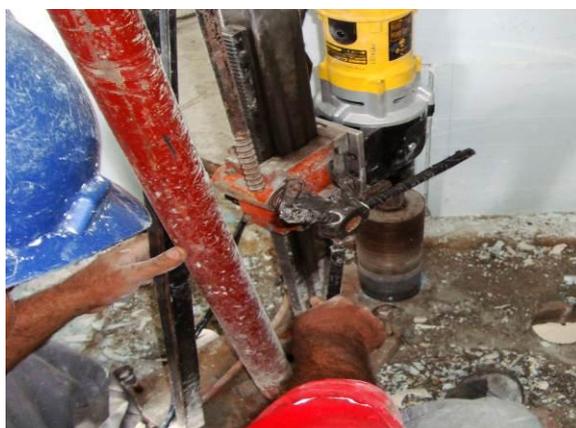
(a)



(b)

**Figura 22 – (a) e (b) são exemplo de execução de passagem de tubulações nas estruturas durante a concretagem**

Após a concretagem, as passagens podem ser executadas utilizando equipamentos serra-copos (Figura 23). Ou ainda, podem-se utilizar furadeiras de impacto, como também marretas e ponteiros (Figura 24a e 24b).



**Figura 23 – Exemplo de execução de passagem de tubulação após concretagem**



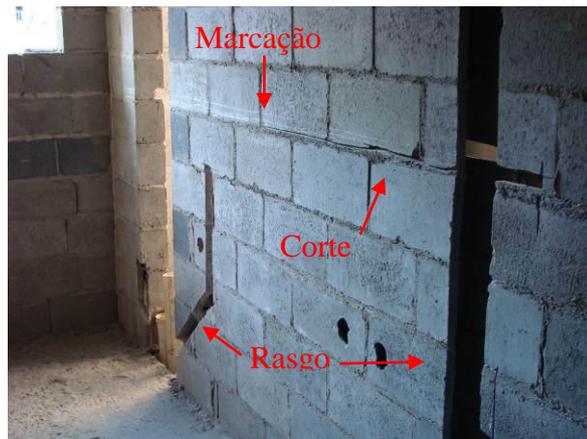
**Figura 24 - Exemplos de execução de passagens após concretagem (a) utilizando furadeira e (b) utilizando marreta e ponteiro**

O embutimento das tubulações na alvenaria pode ocorrer de duas formas distintas. A primeira, sem corte e rasgo, que consiste em confinar os dutos em *Shafts* conforme ilustrado na Figura 25. Na segunda, torna-se necessário cortar a alvenaria previamente marcada com uma serra circular e, em seguida, rasgar com marreta e talhadeira para que haja alinhamento conforme projeto (Figura 26).

Existe ainda outra forma de embutir as tubulações nas paredes, quando essas são de concreto armado ao invés de alvenaria. As paredes pré-moldadas de concreto vêm com sucus formados por formas negativas das fôrmas, que assim permitem assentar as tubulações diretamente nos encaminhamentos (Figura 27).



**Figura 25 – Representação de tubulação embutida na parede utilizando *shaft***



**Figura 26 – Exemplo de marcação, corte e rasgo em paredes de alvenaria**



**Figura 27 – Exemplo de cortes para assentamento de tubulações em paredes pré-moldadas em concreto**

#### **4.9.3 Montagem dos Elementos Hidráulicos**

O processo de produção dos componentes do sistema hidráulicos e sanitários pode ocorrer de duas maneiras. A primeira, de forma manufaturada, onde o operário monta o elemento hidráulico e sanitário próximo ao ambiente e no momento que será assente, medindo e marcando o comprimento da tubulação, cortando, lixando suas extremidades, pondo adesivo (no caso do tubo de PVC e CPVC, por exemplo) e unindo a conexão ao tubo (Figura 28). Dessa forma ocorre maior utilização de espaço na obra durante a execução das tarefas (Figura 29a e 29b).



(a)



(b)



(c)

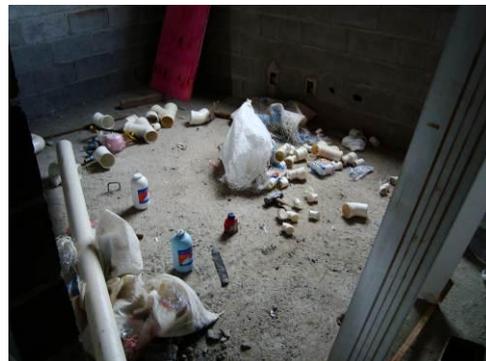


(d)

**Figura 28 – Representação de sequência de execução de elemento sanitário no ambiente molhável: (a) marcando, (b) cortando, (c) lixando e (d) colando**



(a)



(b)

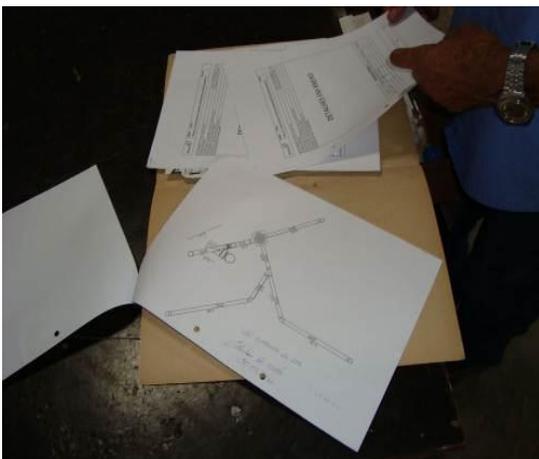
**Figura 29 – Exemplo de processo de produção de elementos sanitários nos ambientes molháveis**

A segunda forma de processo de produção dos componentes hidráulicos e sanitários é a seriada, com fabricação de *kits* (Figura 30) fora do ambiente e antes do assentamento, em locais chamados de centrais de produção de *kits*. A técnica construtiva empregada nesse processo de produção segue o mesmo conjunto de operações que o processo anterior: o operário irá medir o comprimento da tubulação, lixar suas extremidades, pôr adesivo e unir a conexões ao tubo.



**Figura 30 – Exemplo de *kits* sanitários fabricados em uma central**

Quando a central de *kits* não está localizada na obra, é preciso enviar um romaneio junto com os *kits*, contendo um croqui e um molde piloto como demonstrado na Figura 31a e na Figura 31b.



(a)



(b)

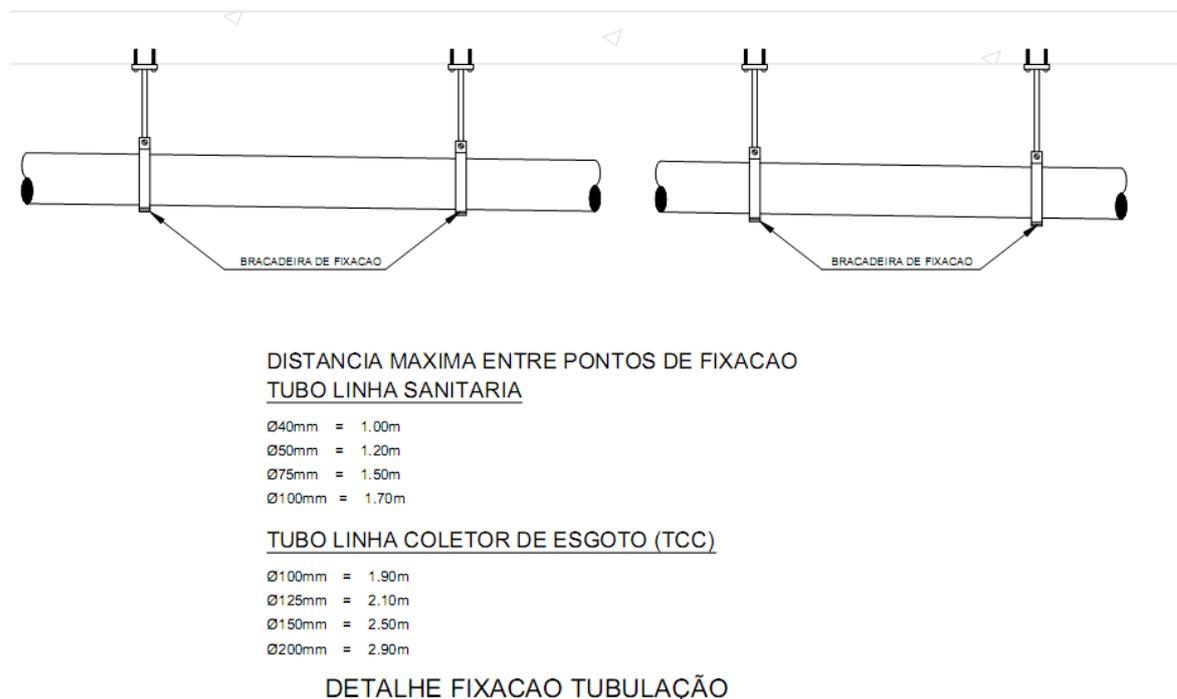
**Figura 31 – Exemplo de (a) romaneio de *kit* sanitário com croqui e (b) molde piloto**

#### 4.9.4 Fixação

Segundo Boni (2010), a fixação das tubulações nos *shafts* ou nas paredes e tetos de forma superficial utilizando anéis, abraçadeiras, grampos ou outros dispositivos, deve ter espaçamento adequado entre esses suportes, ancoragens ou apoios, que bem ajustados pode facilitar a montagem.

As normas NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 8160 (ABNT, 1999) recomendam que qualquer suporte de fixação das tubulações deva estar em bom estado, com espaços previstos para dilatação, contração e movimentação das tubulações, principalmente quando elas são de material plástico ou de cobre.

Em alguns projetos o espaçamento entre os fixadores é recomendado pelo projetista dos sistemas para que evite esforços sobre a tubulação que as submetam a deformações, como demonstrado na Figura 32. Quanto ao material, pode-se empregar vários tipos, desde serra de PVC a metais. Quanto aos metais, é necessário evitar contato de dois materiais de naturezas distintas, como parafusos de aço e abraçadeiras de alumínio, uma vez que pode provocar oxidação através do fenômeno de corrosão galvânica.



**Figura 32 – Exemplo de sugestão de espaçamento entre a fixação das tubulações**

As Figura 33a e 33b representam a utilização de pinos e fitas perfuradas de aço, e a Figura 34 representa a fixação de tubulação com reaproveitamento de material PVC.



**Figura 33 – Representação da utilização de pinos e fitas de aço para fixação das tubulações: (a) Geral; (b) Detalhe**



**Figura 34 – Representação de fixação de tubulação utilizando sobra de material**

Em paredes, a fixação ocorre durante o assentamento das tubulações. O operário verifica o afastamento do ponto de fornecimento de água ou captação de esgoto ao acabamento da parede e fixa a tubulação com pontos de argamassa de cimento ou gesso, conforme ilustrado na Figura 35.



**Figura 35 – Representação de fixação de tubulação de PVC em paredes com argamassa de gesso**

#### **4.10 Execução do SPAQ**

A execução dos SPAQ difere do SPAF quanto aos procedimentos de montagem dos componentes das instalações em função dos materiais empregados nestes, como o cobre, o CPVC e o PPR, lembrando que tanto as tubulações e conexões de cobre quanto as de PPR também podem ser empregadas nos SPAF. Da mesma forma, a montagem da tubulações podem ser feitas em centrais de produção de *kits* ou *in loco*, ou seja, no ambiente molhável no qual serão instaladas. As atividades de preparação para a montagem, tais como locação, rasgos de paredes, locação de passantes são idênticas às do SPAF.

Para os tubos de cobre existem materiais e equipamentos específicos como: pasta para soldar, solda e maçaricos. A execução de união entre a conexão e o tubo acontece com os procedimentos de lixamento dos pontos de união, de aplicação da pasta de solda na ponta do tubo e na bolsa da conexão, junção da conexão com o tubo, aquecimento da união entre o tubo e a conexão com o maçarico, aplicação da solda em toda união do tubo com a conexão e remoção do excesso de solda. Além destas operações, destaca-se também a aplicação de isolantes térmicos sobre as tubulações afim de reduzir a perda de calor da água nestas instalações.

Para a os subsistemas que utilizam CPVC, que suportam temperaturas acima de 70°C, os procedimentos iniciais são idênticos ao de tubulação em PVC, porém durante a

execução da soldagem entre peças existem diferenças. Antes da aplicação da solda ou adesivo plástico, é preciso passar um produto (Primer) que penetre e amoleça a superfície do tubo e conexão a ser soldada. Após aplicação do Primer, aplica-se o adesivo plástico e unem-se as peças, devendo-se forçar a união por alguns segundos, e por fim limpar o excesso de solda.

#### **4.11 Execução do SPPCI**

A montagem de tubulação deste sistema ocorre de forma similar ao do SPAQ no que diz respeito à utilização de tubulação de cobre. Geralmente, as tubulações deste sistema ficam restritas à prumada de alimentação que fica embutida num shaft localizado na área comum do pavimento (*hall*).

São utilizados equipamentos e materiais específicos para o manuseio dos tubos e conexões de cobre. São necessários equipamentos como morsa, lima, tarraxa e materiais como pasta vedante a base de teflon e fita vedante. A produção dos elementos ocorre com abertura de rosca no tubo, aplicação de pasta vedante e fita vedante, e finaliza com a união do tubo à conexão.

#### **4.12 Execução do SPGC**

Para esse subsistema, é utilizado o cobre leve, médio e até pesado como material dos tubos e conexões. O procedimento de execução das tubulações segue a mesma sequência de atividades (marcação, corte e rasgo de paredes e estruturas, fabricação e fixação) que o SPAQ. Ressalta-se a necessidade do confinamento destas tubulações em função da possibilidade de vazamento de gás nos ambientes e nos *shafts*.

Também aqui nesse subsistema o emprego da técnica construtiva pode ocorrer de forma isolada ou de forma seriada com a produção *kits*.

#### **4.13 Considerações Finais Acerca do Capítulo**

Nesse capítulo fez-se uma contextualização sobre os sistemas prediais, abordando suas definições, classificações e processo de execução em função do tipo de material empregado na fabricação das tubulações, sendo este o principal fator de conteúdo influenciador nos índices de produtividade da mão de obra. No próximo capítulo será apresentado o método para dimensionamento da mão de obra e planejamento dos serviços dos SPHSGC.

## **5. MÉTODO PARA PLANEJAMENTO OPERACIONAL DA EXECUÇÃO DOS SPHSGC**

Neste capítulo é apresentado o método para o planejamento operacional dos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível. Parte-se do princípio de que, a execução destes sistemas já foi iniciada e, necessita-se fazer correções quanto à produtividade da mão de obra para atender uma meta estabelecida no cronograma de execução das obras ou, até mesmo, melhorar o desempenho quanto à produtividade no sentido de se superar a meta estabelecida originalmente.

### **5.1 Premissas**

As considerações feitas nesse item sobre etapas do método têm por finalidade melhorar a condução dos trabalhos durante sua aplicação. Durante a identificação e ordenação das atividades, por mais que seja simples a técnica de produção, torna-se necessário conversar com encarregado e oficiais envolvidos diretamente com as tarefas e subtarefas, pois pode haver particularidades nas suas execuções que durante a ordenação da sequência das atividades que, fora esse acompanhamento na obra, passe despercebido.

Para o levantamento é interessante que se possa contar com os projetos eletrônicos dos SPHSGC; por esse meio torna-se possível quantificar com maior precisão os valores e confrontar a concepção do projeto com o que foi executado até o momento do início da aplicação do método.

Durante a coleta é necessário o menor envolvimento possível com a mão de obra, seja com permanência rápida no local de execução ou com diálogos que não transpareçam o objetivo do acompanhamento diário e, assim, interferência mínima nos resultados.

Para o processamento e análise dos dados, entende-se como premissa a disciplina, que utilizada para a coleta diária de dados, deve ser aplicada para processar os dados diariamente, formando um ciclo de atividade: coletar, processar e analisar, tanto durante o diagnóstico, quanto, e principalmente, durante a etapa de controle. Além disso, se possível, deve-se priorizar o uso de algoritmo em planilhas eletrônicas durante o processamento dos dados a fim de sistematizar e evitar erros de digitação.

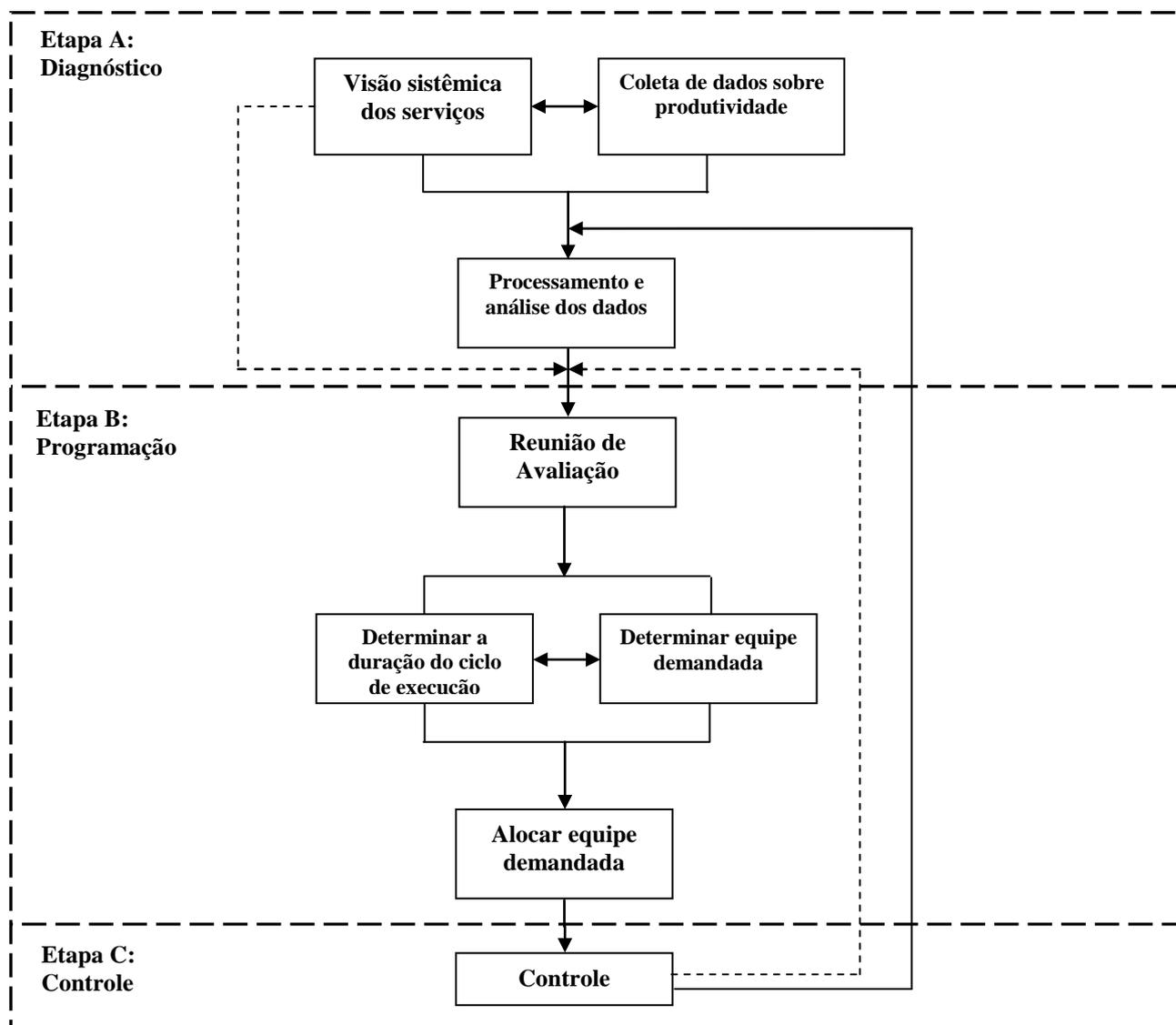
A quantidade de homens e, conseqüentemente, a quantidade de equipes, devem ser determinadas pelo gestor com base na análise do resultado do levantamento da produtividade vigente na obra. Para a alocação da equipe é preciso respeitar as regras tecnológicas impostas pelas normas, assim como procurar alocar as equipes divididas por unidades básicas simétricas para que não haja desigualdade na quantidade de atividade a serem desempenhadas.

De uma forma geral, essas premissas compõem uma base de condições que permite a coleta, processamento e análise dos dados de forma mais confiável, e uma aplicação segura da programação.

## 5.2 Etapas do Método

O método proposto está dividido em 3 etapas, que podem ser aplicadas integralmente quanto a utilização das suas subetapas, ou podem ser aplicadas suprimindo algumas delas dependendo da postura adotada pela empresa ou empreendimento em registrar, acompanhando e armazenando, ou não, seus dados ao longo do tempo:

- **Etapa A - Diagnóstico**, que compreende o diagnóstico da situação vigente quanto à organização da mão de obra, estratégia de execução dos serviços e, principalmente, quanto ao desempenho da execução dos serviços em termos de produtividade da mão de obra;
- **Etapa B - Programação**, que compreende as atividades de dimensionamento das equipes de produção com base em indicadores de produtividade e da programação dos serviços segundo parâmetros de prazos estabelecidos;
- **Etapa C - Controle**, que consiste na avaliação do desempenho após a implementação das metas e programação dos serviços definidos na Etapa B. O fluxograma contendo as etapas do método proposto pode ser visualizado na Figura 36.



-----> - Condicionado à utilização de indicadores externos a obra

————> - Condicionado à utilização de indicadores internos a obra

**Figura 36 – Fluxograma das etapas do método**

### 5.3 Etapa A - Diagnóstico

Esta etapa compreende o diagnóstico da situação vigente quanto à organização da mão de obra, estratégia de execução dos serviços e, principalmente, quanto ao desempenho da execução dos serviços em termos de produtividade da mão de obra.

Os principais resultados desta etapa consistem no conhecimento da organização da mão de obra (divisão das equipes, número de funcionários), o conhecimento dos indicadores de produtividade vigente da mão de obra e, principalmente, o sequenciamento da execução das atividades (plano de ataque) adotado.

É importante ressaltar que nesse momento já deve estar definido pela gerência do empreendimento qual postura de previsão de produtividade será adotada para futura aplicação na etapa B. Existem duas possíveis situações em que se encontra uma obra referente à utilização dos valores de produtividade durante o início da execução dos serviços dos SPHSGC.

A primeira situação consiste em não haver nenhum acompanhamento histórico dos índices de produtividade que revele o real potencial da mão de obra instalada para execução das atividades dos SPHSGC. Para essa situação, podem ser adotados indicadores de produtividade de manuais de orçamentação ou ainda os índices levantados em Paliari (2008). Dessa forma, na etapa A, apenas a visão sistêmica dos serviços é desenvolvida passando em seguida para a etapa B do método. Essa postura de adoção de indicadores externos ao empreendimento pode ser permanente, até a conclusão de todos os serviços, aplicando o modelo tradicional de previsão de produtividade. Pode-se ainda utilizar desse expediente (aplicação de indicadores externos) para a fase inicial de execução e, após o vencimento da fase de aprendizagem da mão de obra e aplicação do método na íntegra durante diversos ciclos de tempo, permitindo-se assim a aferição da faixa de produtividade vigente (Figura 12), pode-se adotar nova postura de previsão de produtividade próxima da realidade da obra.

A segunda situação ocorre quando já está implantada na empresa, ou mesmo no empreendimento, a política de armazenar em banco de dados, os valores de produtividade da mão de obra. Essa postura favorece o domínio do gestor de forma mais confiável sobre seus objetivos, uma vez que tendo uma faixa de valores entre a RUP cumulativa e a RUP potencial, pode-se flexibilizar a eficiência da mão de obra de acordo com o ritmo ou disponibilidade de execução dos serviços. Assim como na situação anterior, podem-se adotar os indicadores históricos do banco de dados da empresa externos à obra de forma permanente por todo período de execução dos SPHSGC, ou aplicar tais indicadores inicialmente até acumular dados próprios de produtividade da obra; dessa forma a aplicação do método no seu primeiro ciclo inicia-se pela visão sistêmica dos serviços e passa-se para a etapa B com a utilização de indicadores externos até se constituir um banco de dados da própria obra.

É importante ressaltar que a utilização destes procedimentos não está condicionada somente a fase inicial dos serviços; pode-se aplicá-los a qualquer momento das atividades, desde que haja tempo suficiente para percorrer todas as subetapas durante alguns ciclos, para que dessa forma garanta-se sua aplicabilidade.

### 5.3.1 Visão Sistêmica dos Serviços

Para o levantamento da produtividade da mão de obra, seu processamento e programação das atividades, é preciso entender como o serviço é executado. Em outras palavras, é necessário entender quais parcelas compõem a execução deste serviço e isto significa decompor o serviço em suas parcelas menores denominadas tarefas e subtarefas. Esse entendimento possui dupla função, dependendo do momento que se faz essa análise. Se a análise sistêmica for elaborada antes do início efetivo da execução dos serviços, sua função será, além do entendimento das menores parcelas das atividades, de auxílio na elaboração do plano de ataque. Se a análise tiver início com as atividades em andamento, como a visão de um avaliador externo ao processo de produção, a visão sistêmica dos serviços será apenas de identificação tanto das atividades como do plano de ataque dos serviços.

Existem ferramentas técnicas que auxiliam na quebra de estrutura do trabalho, Segundo Limmer (1997), a EAP auxilia o gerente objetivando a divisão do projeto (ou trabalho) em componentes de tamanhos adequados e, assim, permitindo que seja o projeto (ou o trabalho) conhecido em todos os seus detalhes. Esta divisão pode ser feita vários níveis, no entanto, não deve ultrapassar seis níveis, sendo recomendáveis quatro níveis.

Seguindo características próprias do tipo de projeto, a partição de atividades pode seguir o exemplo do Quadro 7.

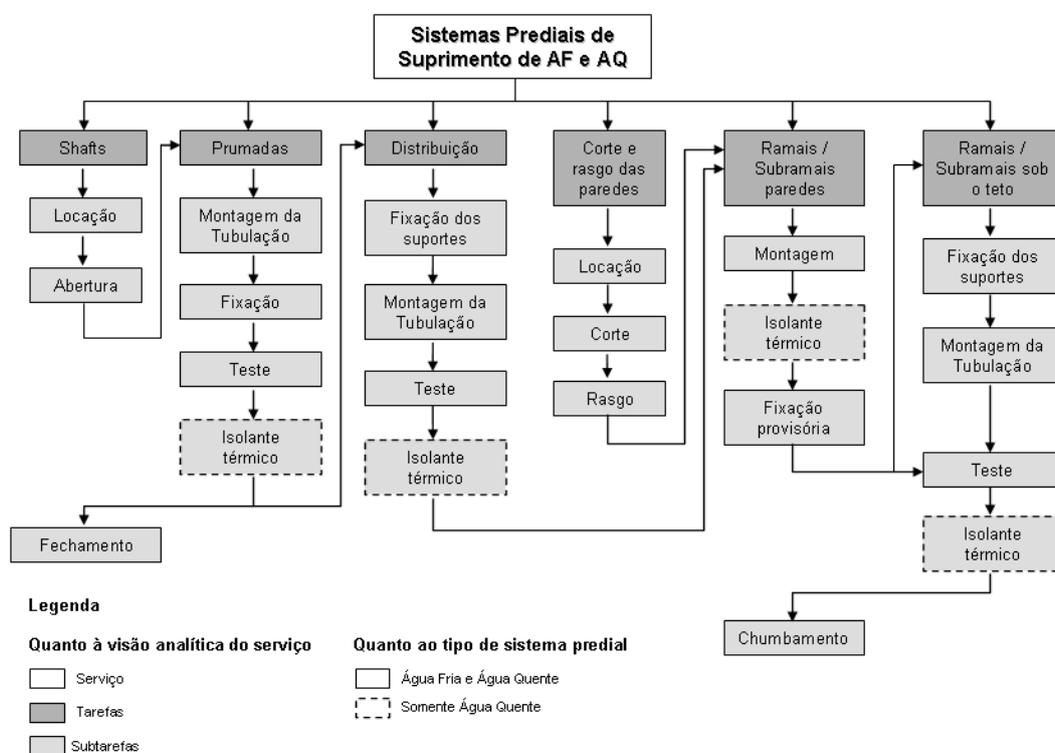
**Quadro 7 – Forma de partição de projeto**

NÍVEL	PARTIÇÃO	ELEMENTOS
I	Todo o projeto	Projeto, produto, processo, serviço
II	Subdivisão 1	Sistema
III	Subdivisão 2	Subsistema
IV	Tarefas	Componentes ou Tarefas
V	Subtarefas	Componentes menores ou Subtarefas

Para os sistemas prediais este entendimento é muito importante, pois a sua execução é composta por uma quantidade relativamente grande de tarefas quando comparados, por exemplo, com o serviço de alvenaria.

Desta forma, os indicadores de produtividade da mão de obra devem ser coletados no âmbito, pelo menos das tarefas e, quando possível, das subtarefas. Importante ressaltar o foco do levantamento das subtarefas não é fácil, exigindo do examinador um excelente procedimento de coleta e processamento dos dados.

Outra forma de se apresentar a subdivisão dos serviços relacionados aos sistemas prediais foi apresentada por Paliari (2008), aqui ilustrado para o SPAF e SPAQ na Figura 37.



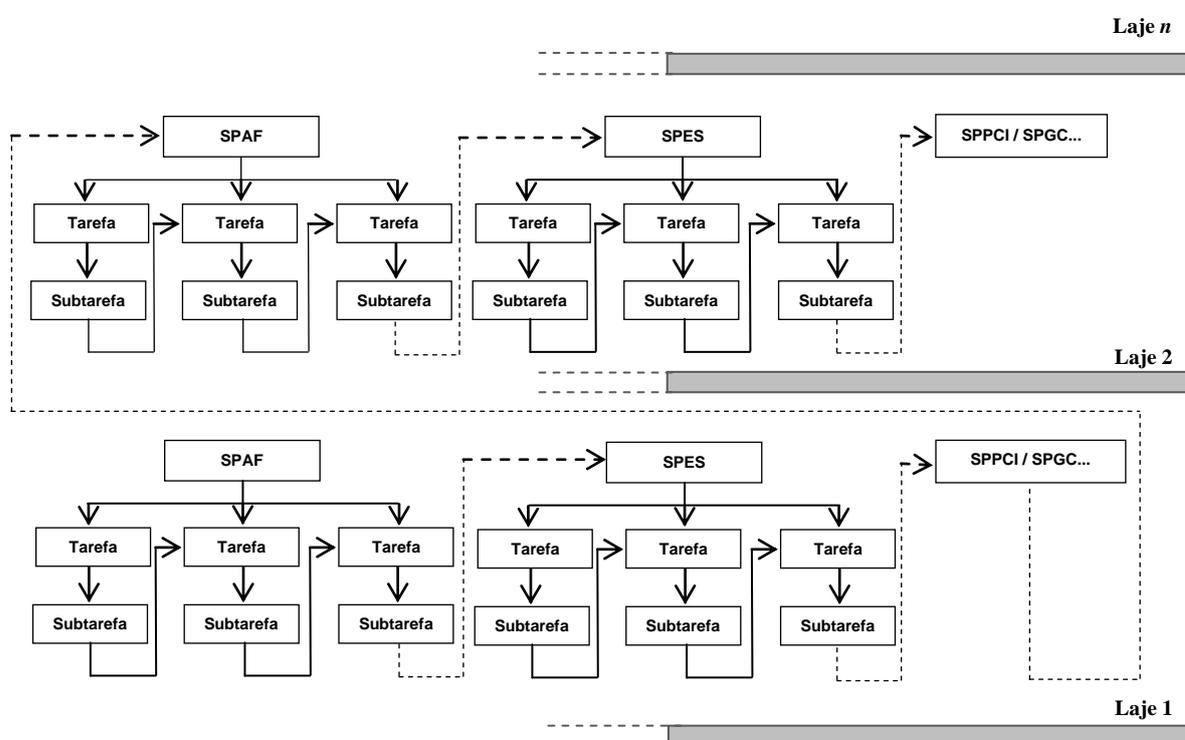
**Figura 37 – Divisão da execução dos sistemas de suprimento de água fria e água quente em tarefas e subtarefas**

O plano de ataque<sup>11</sup> identificado ou elaborado com o auxílio da visão sistêmica pode ser elaborado de duas formas distintas:

- (a) Toda uma unidade básica é concluída antes de iniciar qualquer atividade na unidade básica posterior; desta forma, os subsistemas são executados em

<sup>11</sup> Entende-se como plano de ataque a forma estratégica de execução das atividades, ou seja, o caminho de execução das atividades

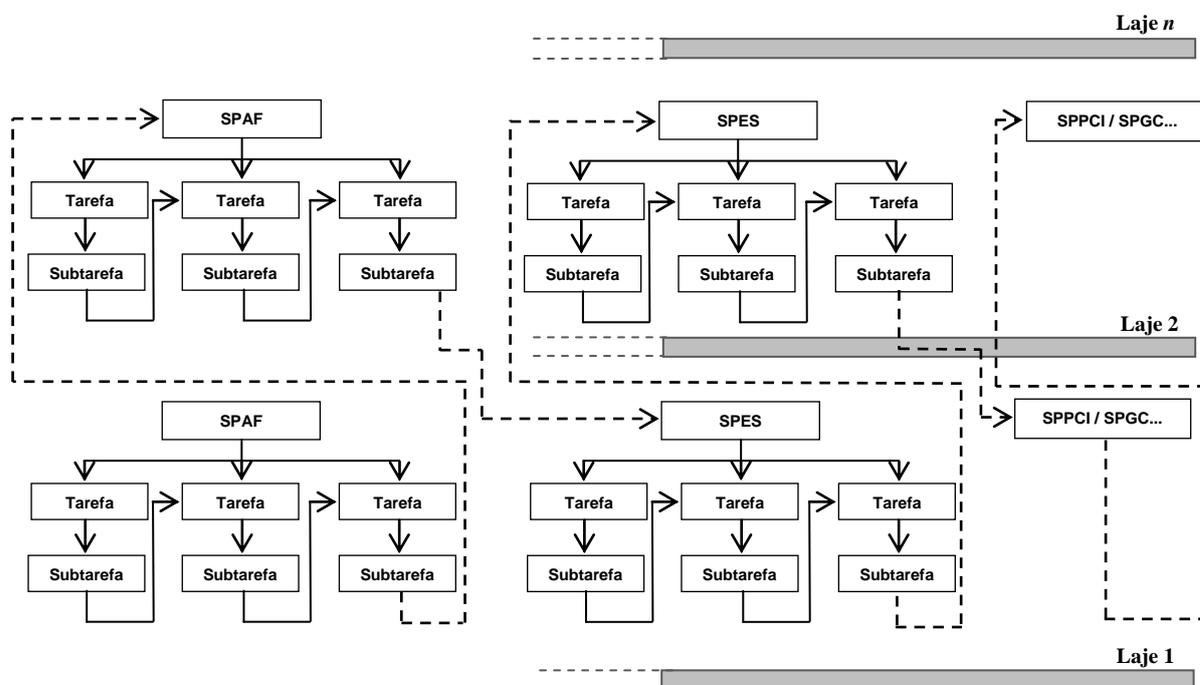
paralelo. Na Figura 38 representa-se essa estratégia de execução, partindo da laje 1 para a laje  $n$ , onde encontram-se divididos os subsistemas e suas subdivisões, as tarefas (*shaft*, prumadas, corte e rasgo das paredes, assentamento de ramais e sub-ramais sob o teto etc.) e subtarefas (locação, marcação, corte, rasgo, montagem de tubulação, fixação etc.), inicia e conclui-se a execução de todo um subsistema qualquer, passando-se para os demais subsistemas em um pavimento, repetindo-se o mesmo procedimento nos pavimentos seguintes. Havendo mais de uma equipe, iniciam-se subsistemas distintos e em áreas distintas da unidade.



**Figura 38 -- Estratégia de execução em paralelo**

- (b) As tarefas e subtarefas de subsistemas distintos são executadas de forma independentes umas das outras, ou seja, não há o compromisso de terminar em conjunto toda subtarefas dos subsistemas em uma unidade básica, sendo cada subsistema executado em série. Na Figura 39 está representada esta situação, o entendimento básico dessa estratégia consiste em iniciar as atividades pela da laje 1 até a laje  $n$ , nas quais se encontram disponíveis para execução todos os subsistemas adotados pelo empreendimento em tarefas e subtarefas, inicia-se efetivamente por algum subsistema e segue com essa execução por

consecutivas unidades básicas, retornando à inicial para executar outro subsistema e assim concluído cada subsistema por vez. Havendo mais de uma equipe o mesmo subsistema em pavimentos distintos



**Figura 39 - Estratégia de execução em série**

Dentre as duas lógicas executivas, é comum encontrar nos empreendimentos a adoção da estratégia B com maior frequência, principalmente em nível de tarefas e subtarefas dos SPAF e SPES em paredes das áreas molháveis. Teoricamente essa lógica justifica-se por serem estes subsistemas um caminho crítico no planejamento tático, uma vez que tais subsistemas estão entre o fim da execução da alvenaria e o início do acabamento interno. Nesse estágio de execução, o insumo cerâmico das áreas molháveis de todo empreendimento já foi ou está em fase final de aquisição, pelo seu alto custo e necessidade de grandes áreas de armazenamento sua aplicação torna-se prioridade sobre outros serviços.

### 5.3.2 Coleta de Dados sobre Produtividade da Mão de Obra

Após a divisão dos serviços em suas tarefas e subtarefas e o conhecimento do plano de execução (em série ou em paralelo), inicia-se a coleta de dados para o cálculo da

produtividade da mão de obra levando-se em consideração esta divisão. Para tanto, serão necessárias as seguintes informações:

- (a) Quantidade de funcionários alocados na execução de cada tarefa ou subtarefa ao longo dos dias de coleta de dados;
- (b) Tempo, em horas, despendidas por estes funcionários na execução de cada tarefa ou subtarefa ao longo dos dias de coleta de dados;
- (c) Quantidade de serviço executada pelos homens identificados em (a) e no tempo de execução identificado em (b).

É importante que os procedimentos de coleta de dados sigam um padrão diário de operações determinados pelas características da obra, como: iniciar a coleta diária de dados no primeiro horário do período de trabalho; mapear os serviços executados ao final do dia anterior do início efetivos da coleta de dados; manter comunicação diária com o encarregado dos serviços antes de percorrer a obra e identificar as equipes através dos nomes dos funcionários.

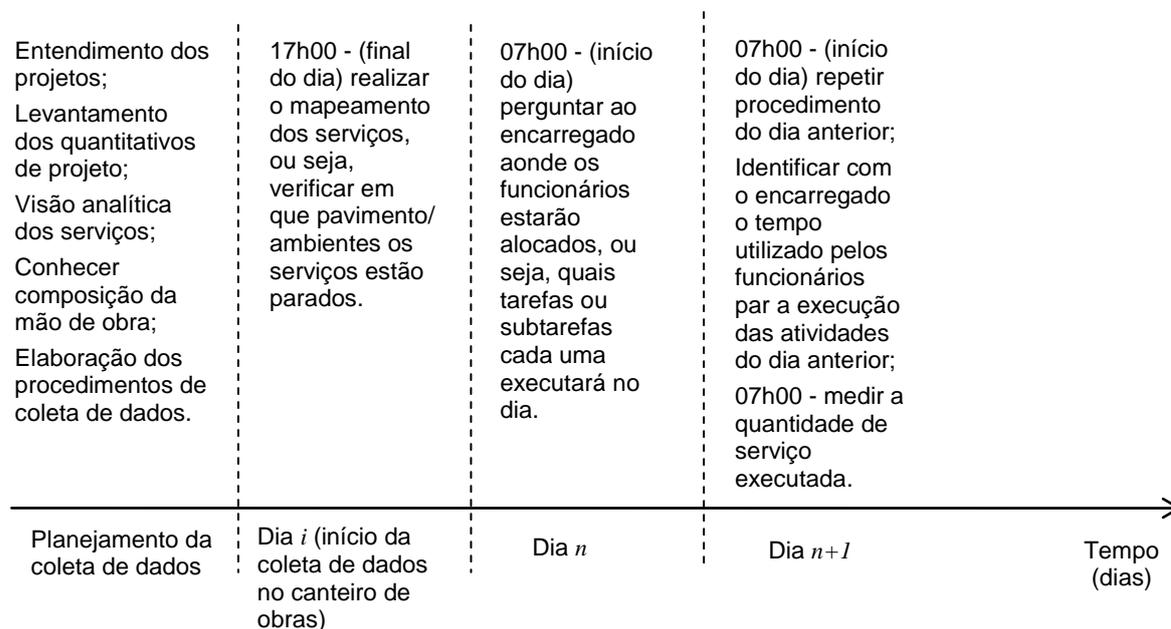
A quantidade de funcionários alocados em cada tarefa ou subtarefa pode ser obtida diariamente com o encarregado da execução, logo no início do dia de trabalho. De posse da relação de funcionários, o encarregado deve dizer ao examinador quais tarefas/subtarefas foram designados para cada equipe executar ao longo do dia. É sempre importante, no dia seguinte, conferir com a própria mão de obra se a programação informada pelo encarregado procede, ou seja, se não houve alterações.

O tempo, em horas, pode ser obtido diretamente com o encarregado e conferidos diretamente com os funcionários também. No cômputo dessas horas, devem constar todas as horas que o funcionário permaneceu disponível para os serviços, mesmo que ocasionalmente permaneça parado.

Finalmente, com relação às quantidades de serviços, o seu levantamento deve constar somente as partes efetivamente executadas ao longo dos dias, discriminando a equipe ou funcionário responsável pela execução.

Supondo-se que a aplicação do método visa a utilização do modelo tradicional de previsão da produtividade da mão de obra, a coleta diária dos dados refere-se ao conjunto da equipe (oficial e ajudante). Porém, se a aplicação do método visa a utilização dos modelos inovador ou analítico, a coleta dos dados deve discriminar os funcionários, ou seja, distinção entre oficial e ajudantes e, se necessário, os que apóiam indiretamente a execução.

Este levantamento, assim como das informações anteriores, deve ser feito no início de cada dia e os procedimentos a serem seguidos pelo examinador, ao longo do período de coleta, são resumidos na Figura 40.



**Figura 40 - Descrição dos procedimentos de coleta do longo do período de coleta de dados**

Planilhas eletrônicas devem ser usadas para auxiliar o levantamento quantitativo de projeto, como exemplificado no Quadro 8, na qual contém na primeira coluna a divisão elaborada a partir da visão sistêmica do projeto; na segunda coluna o local (teto ou parede), na terceira coluna os trechos em que se encontram divididos os elementos e as duas últimas colunas são reservadas para a contabilização efetivas das metragens de serviços e seus subtotais.

Nessa etapa, devem ser usadas também planilhas eletrônicas para o levantamento da quantidade de serviço executada diariamente (Quadro 9). Nesse exemplo, na primeira coluna anota-se a data do levantamento, a segunda coluna é utilizada para o preenchimento dos quantitativos de funcionários, a terceira coluna é reservada para a localização diária das equipes na obra e a coluna seguinte é utilizada para a contagem sequencial do levantamento dos dados. As colunas seguintes (Hh e Qs) estão reservadas para os dados referentes ao cálculo da produtividade, a última coluna é utilizada para anotação de observações pertinentes aos fatores que evidencie possíveis interferências na produtividade.

Evidentemente, tais planilhas podem ser adaptadas para cada obra que se deseja analisar e em função dos tipos de sistemas prediais previstos.



### 5.3.3 Processamento dos Dados sobre Produtividade da Mão de Obra

O processamento dos dados consiste, basicamente, no cálculo das RUPs diária, potencial e cumulativa para as tarefas e subtarefas analisadas, além do indicador de perda de produtividade da mão de obra (PPMO). No Quadro 10 apresenta-se um exemplo de planilha eletrônica para o processamento dos dados, enquanto que no Quadro 11 apresenta-se um exemplo de cálculo já realizado.

Essa planilha, como se observa, é uma extensão da planilha representada no Quadro 9. Nas colunas em destaque, encontra-se a do cálculo da RUP diária na qual é aplicado algoritmo da Equação 1, a da RUP cumulativa que representa os valores cumulativos das RUP diárias. Na da RUP potencial é aplicado algoritmo da mediana dos valores das RUP diárias menores que a RUP cumulativa final e a coluna da PPMO é preenchida com aplicação da Equação 2.

**Quadro 10 – Planilha de processamento de dados associada a planilha de coletas**

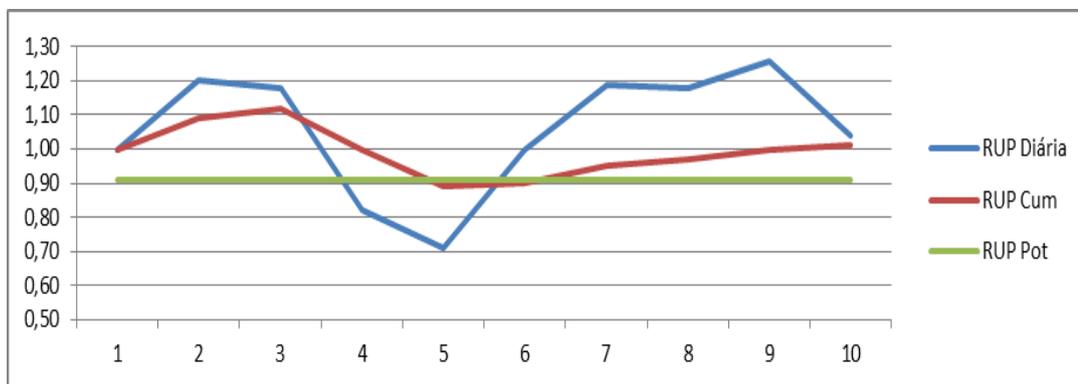
Atividade: \_\_\_\_\_

DATA	FUNCIÓN.	AMBIENTE	DIA		H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO	Obs
/ /			seg	1º												

**Quadro 11 – Exemplo de processamento de dados da obra do Estudo Piloto**

DATA	FUNÇÃO	AMBIENTE	DIA		Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
04/01/2010	01of+01aj	WC suite 402, 404	seg	1º	16,00	27,53	16,00	27,53	0,581	0,581		0,375	15%
05/01/2010	01of+01aj	WC social 302;WC serviço 302	ter	2º	18,00	31,62	34,00	59,15	0,569	0,575			
06/01/2010	02of+02aj	WC Social, Suite 802; Serviço 802, 803	qua	3º	36,00	95,44	70,00	154,59	0,377	0,453	0,377		
07/01/2010	04of+02aj	WC Social, Suite, Serviço 202B; Cozinha 801,802,803,804	qui	4º	48,00	128,70	118,00	283,29	0,373	0,417	0,373		
08/01/2010	03of+02aj	WC Social, Suite, Serviço 804	sex	5º	45,00	94,31	163,00	377,60	0,477	0,432			

Os dados de produtividade da mão de obra podem ser apresentados também sob a forma gráfica, conforme ilustrado na Figura 41.



**Figura 41-** Representação gráfica das RUP diárias, cumulativa e potencial

## 5.4 Etapa B - Programação

Esta etapa compreende as atividades de dimensionamento das equipes de produção com base em indicadores de produtividade e da programação dos serviços segundo parâmetros de prazos estabelecidos.

Nesta etapa estão previstas as seguintes atividades: Reunião de avaliação da situação vigente; redefinição dos parâmetros de programação (tempo de ciclo, número de funcionários ou quantidade de serviços) e programação das atividades (alocação dos funcionários nas respectivas tarefas e subtarefas ao longo do tempo).

O início da Etapa B pode acontecer imediatamente após a elaboração da visão sistêmica na Etapa A. Essa condição ocorre quando não há, por parte do empreendimento, necessidade aferição da produtividade vigente na obra, consequência da utilização de valores externos. Ou ainda, seu início pode ocorrer após a apropriação da produtividade vigente, resultante da etapa de processamento e análise de dados, para utilização de valores de produtividade aferidos no empreendimento.

### 5.4.1 Reunião de Avaliação da Situação Vigente

Deve-se fazer uma reunião com os responsáveis pela gestão da execução dos serviços relacionados aos sistemas prediais na qual são discutidos o plano de ataque elaborado e os resultados de produtividade da mão de obra obtidos na Etapa A – Diagnóstico.

Nesta reunião, em função dos resultados obtidos, são definidas metas de produtividade da mão de obra e, se necessário, o redimensionamento da equipe de execução, assim como ações de melhoria do desempenho da execução dos serviços quanto à produtividade da mão de obra.

Assim, podem ser alterados todos os parâmetros relacionados à produtividade da mão de obra, quais sejam:

- (a) Indicador de produtividade (qual valor adotar);
- (b) Manutenção ou não do ciclo de produção (tempo);
- (c) Manutenção ou não das quantidades de serviços a serem executadas durante o ciclo de produção e;
- (d) Manutenção ou não do número de funcionários.

#### 5.4.2 Redefinição dos Parâmetros de Programação

O primeiro passo para se realizar a programação dos serviços consiste no estabelecimento do indicador de produtividade da mão de obra. Para tanto, tal valor deve ser adotado em função da estratégia adotada pela gerência do empreendimento, ou permanece o índice de produtividade ou adota-se índice de produtividade com base no desempenho das equipes obtido na Etapa A.

Para a segunda opção, são possíveis algumas situações:

- (a) Adotar a RUP potencial vigente;
- (b) Adotar um valor intermediário entre a RUP potencial e RUP cumulativa vigentes.

Note que não teria sentido se utilizar como meta a RUP cumulativa obtida na Etapa A, uma vez que isto significaria manter o mesmo nível de desempenho atual. A adoção da RUP potencial também precisa ser vista com precaução, uma vez que pode ser uma meta inatingível para a atual equipe de trabalho.

Assim, um valor interessante de produtividade a ser adotado consiste num valor intermediário entre a RUP cumulativa e a RUP potencial. Neste caso, a média entre estes dois valores (Equação 3):

$$RUP_{Adotada} = \frac{RUP_{cumulativa} + RUP_{potencial}}{2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo o somatório de várias RUP adotadas utilizado quando há mais de uma equipe de execução, quando associada ao plano de ataque em paralelo, deve-se haver mais de uma RUP a ser adotada, uma para cada tarefa ou subtarefa de cada subsistemas.

$$\sum RUP_{Adotada} = \sum_{i=1}^n RUP_{Adotada_i} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

$i$  = número de equipes

Para o caso da aplicação do método ter visado a separação das funções dos operários durante a Etapa A, a adoção da RUP também será determinada por função, como nas Equações 5 e 6. Quando associada ao plano de ataque em paralelo, deve-se haver mais de uma RUP a ser adotada, uma para cada tarefa ou subtarefa de cada subsistemas.

Para oficial:

$$\sum RUP_{Adotada} = \sum_{i=1}^n (RUP_{Oficial})_{Adotada_i} \quad (\text{Eq. 5})$$

E para ajudante:

$$\sum RUP_{Adotada} = \sum_{i=1}^n (RUP_{Ajudante})_{Adotada_i} \quad (\text{Eq. 6})$$

Definido o valor da produtividade da mão de obra, é comum manter-se constante o tempo de ciclo de produção que, geralmente, é de uma semana ou 44 horas semanais: de segunda-feira à quinta-feira com 9 horas diárias de trabalho e sexta-feira com 8 horas de trabalho.

A quantidade de serviço a ser adotada fica a critério da gerência, se não houver atraso no cronograma em médio prazo dos serviços pode-se manter a quantidade de serviço por ciclo de execução que geralmente a unidade básica (apartamento ou pavimento); porém, se existe atraso deve-se aumentar a carga de serviço a ser executado.

Com a manutenção, ou não, da quantidade de serviço a ser executado, deve-se dimensionar a equipe para que a sua eficiência seja ajustada à necessidade da quantidade de serviço imposta pela gerência da obra.

#### 5.4.3 Dimensionamento das Equipes de Execução

A partir da definição dos dois principais parâmetros (RUP adotada e tempo de ciclo de produção), pode-se trabalhar com os dois outros parâmetros (quantidade de serviço e número de funcionários), ou seja, pode-se fazer o dimensionamento da quantidade de serviço a ser executada no tempo de ciclo de produção adotado ou das equipes de execução (Equações 7 e 8, respectivamente).

Se após o estudo feito na Etapa A e durante a reunião de avaliação na Etapa B for impositivo o número de funcionários, calcula-se  $Q_s$ :

$$\sum Q_s = \frac{H \times h}{\sum_{i=1}^n RUP_{Adotada_i}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Dimensionando-se a equipe de execução tendo como estratégia e execução dos serviços de um pavimento como um todo para um tempo de ciclo de produção (Figura 38), devem-se contabilizar inicialmente os Homens-hora demandados para a execução de todas as tarefas ou subtarefas previstas no pavimento, conforme Equação 8.

$$\sum H = \frac{\sum_{i=1}^n RUP_{Adotada_i} \times QS_i}{h} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde  $i$  corresponde as tarefas ou subtarefas que deverão ser executada no pavimento em questão.

Tendo-se como estratégia e execução dos serviços em série (Figura 39), não haverá variação de  $i=1$  até  $n$  configurando-se uma equipe para executar uma série de pavimentos de um subsistema.

Finalmente, seria interessante que resultado da Equação 4 (número de funcionários) fosse um número inteiro e que o resultado da Equação 5 correspondesse a uma unidade básica de serviço (quantidade relativa a um apartamento ou pavimento, por exemplo).

Assim, pode ser necessário fazer uma correção da RUP adotada, fazendo o processo inverso cálculo utilizando os novos parâmetros ajustados, respeitando-se estas recomendações descritas no parágrafo anterior.

Cabe lembrar que se na Etapa A houver a discriminação por função, nessa Etapa, o cálculo desses dois parâmetros também deve ser discriminado, ou seja, Qs (Equação 4) e H (Equação 5) distintos para oficial e ajudante.

A título de exemplo, ilustram-se os procedimentos descritos até aqui tomando-se como objeto os indicadores de produtividade da mão de obra obtidos no estudo piloto realizado no decorrer deste trabalho, cujos resultados já foram apresentados no Quadro 11.

Com um valor de produtividade compreendido entre a faixa de valores da RUP potencial (0,432 Hh/m) e a RUP cumulativa (0,375 Hh/m) juntamente com a quantidade de serviços da unidade básica de serviço, nesse caso, o pavimento, que corresponde a 214,63 m de tubulação, pode-se determinar os Homens-horas (Hh) requeridos, através da Equação 9:

$$Hh = RUP \times Qs \quad (\text{Eq. 9})$$

Para o exemplo sugerido, com o valor da quantidade de serviço já determinado, é preciso calcular o valor da RUP a ser adotado. Pegando-se a RUP potencial, cumulativa e a média entre as duas, pode-se elaborar um quadro comparativo (Quadro 12).

**Quadro 12 – Comparação entre possíveis RUPs, quantidade serviço da unidade básica e Homens-hora**

Situação	Tipo de RUP	Valores de RUP	Qs	Hh
A	RUP cumulativa	0,432	214,63	92,720
B	Média entre RUP cumulativa e RUP potencial	0,403	214,63	86,582
C	RUP potencial	0,375	214,63	80,486

Dividindo-se os valores de Homens-hora (Hh) para cada situação apresentada no Quadro 12 pelo tempo ciclo de execução semanal de 44h obtém-se o número de funcionários da equipe de execução (Quadro 13).

**Quadro 13 – Cálculo da equipe necessária da unidade básica para cada RUP**

Situação	Tipo de RUP	RUP	Qs	Hh	h	H
A	RUP cumulativa	0,432	214,63	92,720	44	2,11
B	Média entre RUP cumulativa e RUP potencial	0,403	214,63	86,582		1,97
C	RUP potencial	0,375	214,63	80,486		1,83

De acordo com os resultados apresentados neste Quadro para todas as situações previstas, pode-se interpretar que a equipe seja composta de 2 homens para executar a unidade básica em um ciclo de duração de 44 horas semanais.

Ao se considerar a equipe composta por 2 funcionários, 1 oficial e um ajudante, por exemplo, deve-se recalcular a produtividade da mão de obra através da Equação 10:

$$RUP_{Adotada} = \frac{Hh}{QS} \Rightarrow \frac{2 \times 44}{214,63} = 0,410 \quad (\text{Eq. 10})$$

Portanto, os novos parâmetros para o novo ciclo de produção, com duração de 1 semana (44 horas) será:

- (a) Meta de produtividade: 0,410 Hh/m;
- (b) Equipe composta por 2 funcionários, podendo ser, 1 oficial e 1 ajudante, por exemplo;
- (c) Meta de Qs: execução de 214,63 metros de tubulação.

#### 5.4.4 Alocação da Equipe e Programação dos Serviços ao Longo do Ciclo de Produção

Definidos a equipe demandada, a RUP da equipe, o tempo de ciclo e a quantidade serviço das subtarefas, torna-se possível realizar a programação diária da(s) equipe(s).

O plano de ataque pode ser elaborado de duas formas distintas:

- (a) Toda uma unidade básica é concluída antes de iniciar qualquer atividade na unidade básica posterior; desta forma, os subsistemas são executados em paralelo. Nesse caso, a técnica de programação que melhor representa graficamente a distribuição da mão de obra é o Diagrama de barras.

Conforme representado pela Figura 42. Recomenda-se esta técnica na existência de equipes executando vários subsistemas.

- (b) As tarefas e subtarefas de subsistemas distintos são executadas de forma independentes umas das outras, ou seja, não há o compromisso de terminar em conjunto toda subtarefas dos subsistemas em uma unidade básica, sendo cada subsistema executado em série. Esse caso geralmente ocorre quando existem equipes distintas para cada subsistema. Torna-se recomendável que para planos de ataques com repetição de atividades utilize-se a técnica de programação de obra por Linha de balanço, demonstrada na Figura 43.

Para o processo de alocação das equipes inicia-se com a tentativa de organizar as menores porções de quantidade de serviços, as subtarefas, dentro do período de tempo determinado para o ciclo de execução. Com os tempos necessários para executar cada subtarefa, encontrados através da RUP adotada, forma-se por tentativas uma sequência de execução lógica que respeite as precedências técnicas.



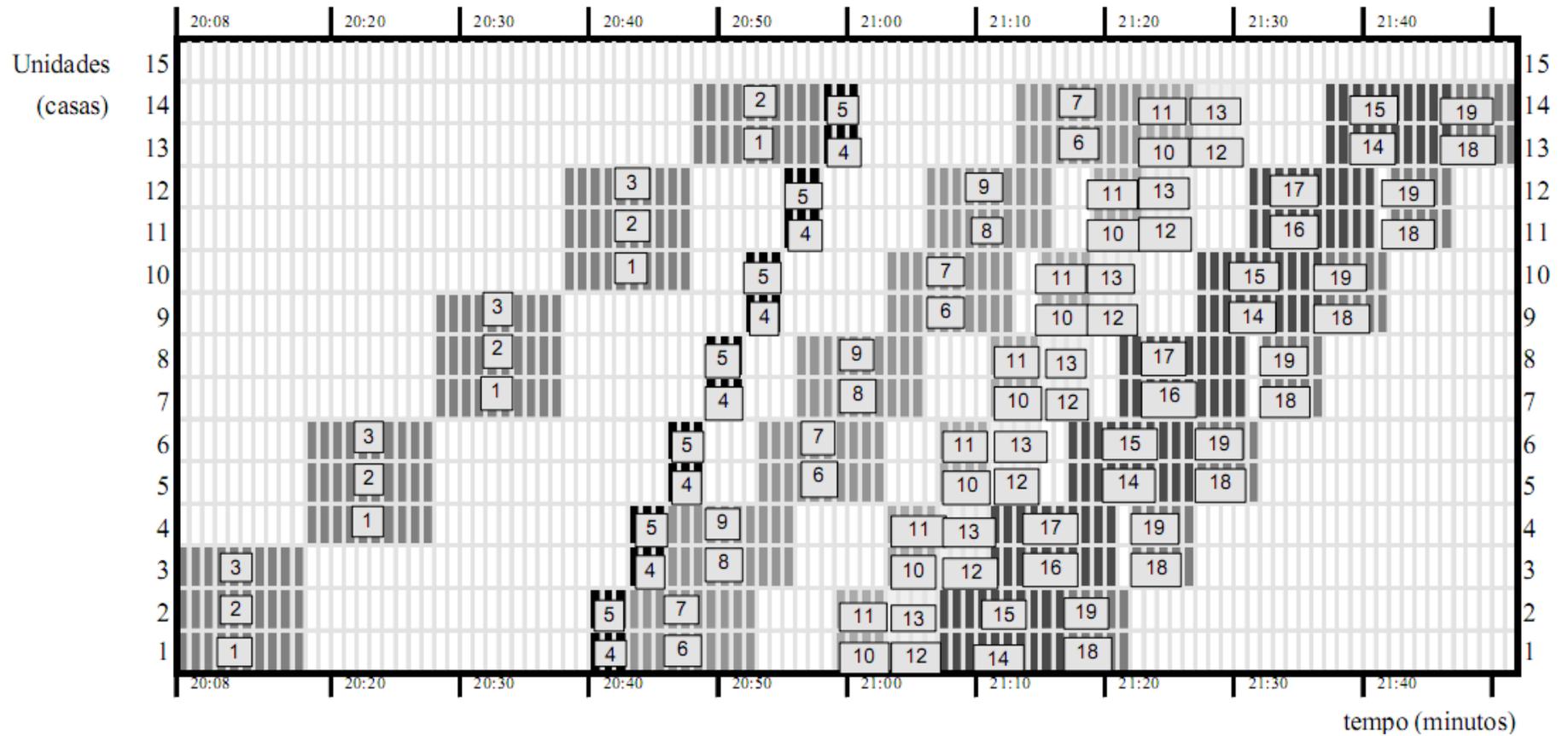


Figura 43 -Locação de equipes pela técnica de Linha de balanço (VARGAS E OUTROS, 1998)

## 5.5 Etapa C - Controle da Programação

Nesta etapa é feito o controle da produtividade da mão de obra, ou seja, repete-se o levantamento dos dados para o cálculo da produtividade com o intuito de se verificar se a meta estabelecida será cumprida pela equipe executora. Assim, no dia a dia, analisando a RUP cumulativa, o gestor poderá intervir na execução dos serviços de tal forma que a meta seja cumprida. Assim, caso a RUP cumulativa esteja menor ou igual à RUP adotada, a equipe irá conseguir atingir a meta. Caso contrário, ou seja, se a RUP cumulativa obtida ao longo deste levantamento se situar num patamar acima da RUP adotada, o gestor terá que imprimir ações para que as metas de produção e de produtividade sejam atingidas.

Para essa Etapa do método, a intenção é a utilização de ferramentas que facilitem o controle da programação a tempo de evitar desvios que possam ser propagados de um dia de serviço para outro. Sugere-se a utilização de uma ordem de serviço como ferramenta de controle. A intenção, com a utilização desta ordem de serviço, é proporcionar a redução de perda de tempo entre um processo de produção e seu processo de produção sucessor, fazendo com o oficial identifique imediatamente as próximas tarefas ou subtarefas a serem realizadas em conjunto com seu ajudante e em qual unidade de trabalho. O conceito é fazer com que o funcionário, ao iniciar um dia de trabalho, receba do encarregado uma ordem de serviço diária na qual contenha informações de simples compreensão, por outro lado, o encarregado terá de sua posse uma planilha de controle pela qual pode fazer mapeamento do desenvolvimento da programação diária dos serviços. Segundo Moura (2007) a utilização de tais ferramentas estimulam a iniciativa dos funcionários, separa as informações necessárias das desnecessárias, auxilia o controle do estoque, conduz os funcionários a atingir metas e simplifica o processo de gestão das atividades.

**O modelo do cartão e da planilha de controle pode ter uma configuração simples, porém deve conter informações importantes como: Identificação da equipe responsável; Unidade básica (pavimento ou apartamento) inicial e consecutivas; tempo inicial e final de cada unidade básica, Sistema a ser executado; Visto do encarregado. Como sugerido na** Erro! Fonte de referência não encontrada. **e na**

Sistema: \_\_\_\_\_

Equipe: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Homens	Pav.	Ambiente	Atividade	Hora		Visto
				Início	Fim	

**Figura 44 - Sugestão de modelo de cartão de ordem de serviço**

O papel dessa ordem de serviço é fazer com que a equipe se comprometa com a quantidade diária de serviço determinada e o tempo para cada quantidade de serviço das tarefas ou subtarefas. O oficial receberá a ordem de serviço preenchida. A primeira coluna irá estabelecer quantos homens serão designados para determinado pavimento para executar em um determinado ambiente as atividades necessárias durante um período que tenha início e fim predeterminado. Ao final de cada meio período ou em intervalos de tempo entre estes, o encarregado dará o visto no desenvolvimento das atividades, ao mesmo tempo em que preenche sua planilha de controle, garantindo, dessa forma, o domínio constante sobre a programação.

Equipe: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_

Pav.	Apartamento	Atividade	Sistema:							Obs.
			Equipe:							
			Banheiro 1	Banheiro 2	Banheiro 3	Cozinha	Á. Serviço	Varanda	Hall social	

**Figura 45 - Sugestão de modelo de planilha de controle de serviço**

## 5.6 Considerações Finais Acerca do Capítulo

Neste capítulo apresentou-se o método para o planejamento operacional para a execução dos SPHSGC, o qual está dividido em três etapas: **a de Diagnóstico**, que contempla, dependendo da estratégia de execução adotada pela gerência do empreendimento, a elaboração ou identificação do plano de ataque e composição das atividades de execução e coleta, processamento e análise de dados sobre a produtividade vigente; a de **Programação**, que compreende as atividades de dimensionamento das equipes de produção com base em indicadores de produtividade e da programação dos serviços segundo parâmetros de prazos estabelecidos; e a de **Controle**, que consiste na avaliação do desempenho após a implementação das metas e programação dos serviços definidos na etapa de Programação. O método proposto poderá sofrer alterações em função das particularidades de execução dos serviços e de organização da mão de obra sem, no entanto, se perder a ideia central de se melhorar a produtividade vigente.

## 6. ESTUDO DE CASO

Este capítulo é dedicado ao estudo de caso no qual se aplicou o método para planejamento operacional da execução dos SPHSGC proposto neste trabalho.

### 6.1 Empresa

A empresa escolhida para o estudo de caso tem sua sede no Estado de Sergipe e atua na indústria da Construção Civil desde o ano de 1958 com uma estratégia de enfoque, tentando conciliar qualidade e baixo custo no atendimento ao seu público-alvo. Utiliza em obras várias tecnologias construtivas: tradicional racionalizado; tradicional com elementos pré-fabricados (pré-vigas e pré-lajes) em sua central de pré-moldados; industrializado, onde emprega racionalização dos pré-fabricados de paredes e lajes com mecanização. Atua no Nordeste do País e no momento executa quatorze obras em Aracaju, três em Maceió, uma em Recife e uma em Salvador, sendo essas obras empreendimentos residenciais de casas e apartamentos de padrões A e B.

A empresa possui em seu Quadro de recursos humanos aproximadamente 3.000,00 funcionários e é certificada pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e pela norma NBR ISO 9001:2001.

### 6.2 Características da Obra

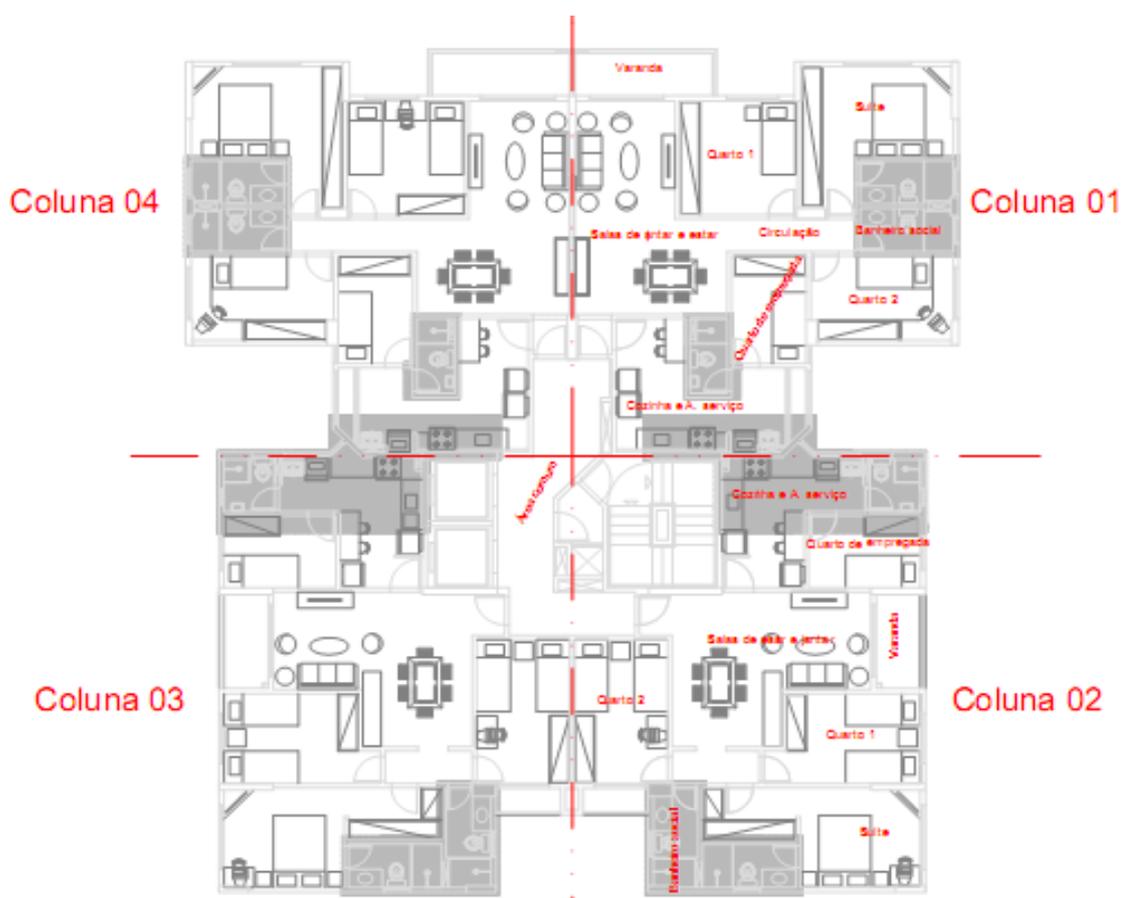
Durante o desenvolvimento desse trabalho foi escolhida, dentre as várias obras da empresa, uma de um empreendimento residencial em execução composto por duas torres (Figura 46), com prazo total de execução de 28 meses e área total de construção de 16.636,28 m<sup>2</sup>. A área privativa do apartamento é de 94,71 m<sup>2</sup> sendo que a circulação social possui 18,96 m<sup>2</sup> e o pavimento-tipo totaliza 397,80 m<sup>2</sup>.

Executadas em sistema estrutural convencional moldado “in loco”, alvenaria de vedação de blocos cerâmicos nas paredes externas e de blocos de gesso nas paredes internas, cada torre é constituída de: um pavimento térreo de convivência e lazer; quinze pavimentos-tipo com quatro apartamentos simétricos dois a dois (Figura 47) e cobertura.

Cada apartamento possui sala de jantar e estar conjugadas, cozinha e área de serviço, dependência de empregada com banheiro, área de circulação, dois quartos, uma suíte e um banheiro social.



**Figura 46 - Empreendimento escolhido para o estudo de caso**



**Figura 47 -Representação do pavimento tipo**

O empreendimento é provido dos sistemas prediais de água fria (SPAF), esgoto sanitário (SPES), águas pluviais (SPAP), proteção e combate a incêndios (SPPCI) e de gás combustível (SPGC). Não é provido de sistema predial de água quente.

## **6.3 Aplicação do Método Proposto**

### **6.3.1 Reunião Preliminar**

Para iniciar a aplicação do método proposto fez-se uma reunião com representantes da empresa com a participação dos gerentes de setor de planejamento e sistemas prediais com o objetivo de apresentá-lo. Nesta reunião firmou-se o compromisso da empresa facilitar o estudo, fornecendo acesso à obra, aos projetos executivos dos SPHSGC e aos funcionários, e de o pesquisador manter a empresa informada sobre o andamento e resultados da pesquisa.

### **6.3.2 Constituição da Equipe de Execução e sua Organização**

A empresa utiliza mão de obra própria na execução dos SPAF, SPES, SPAP e SPPCI. A equipe de produção da empresa para execução desses sistemas compunha-se por um técnico em sistemas prediais, com função gerencial de quantificar todos os recursos físicos (material, equipamento e mão de obra), estabelecer prazos e metas de execução, fiscalizar o cumprimento dos prazos, promover a realização das recomendações técnicas de projeto pelos funcionários da construtora e dos terceirizados.

Além deste técnico, a equipe possui um encarregado que dá suporte ao técnico no cumprimento dos prazos e qualidade, distribuir os operários nas frentes de trabalho, liberar os componentes em forma de *kits* e conferir os resultados alcançados, sem exercer funções executivas.

A equipe envolvida diretamente na execução dos serviços era composta por dois oficiais, dois meio oficiais e quatro ajudantes. Os funcionários trabalhavam de segunda-feira à quinta-feira, das 7h00 às 17h00, e a sexta-feira das 7h00 às 16h00.

Os operários estavam aptos à execução de qualquer um dos sistemas não terceirizados. Porém, pôde-se perceber que entre oficiais e meio oficiais havia preferências entre um ou outro sistema, ou seja, entre eles, uns preferiam executar os SPAF e outros preferiam executar também o SPES. Dessa forma, o encarregado procedia a distribuição considerando essas preferências na medida do possível, favorecendo a redução do tempo de aprendizagem na execução dos serviços.

Dentre os sistemas prediais que compõe o empreendimento, conforme ressaltado anteriormente, não faz parte o de água quente, visto que o padrão do empreendimento não comportava seu emprego. Aumentou

Quanto ao SPGC, sua execução era de responsabilidade de uma empresa terceirizada que fornecia a mão de obra especializada, ficando sob a responsabilidade da empresa construtora o fornecimento dos componentes e a fiscalização da execução do serviço.

A execução de corte e rasgos de alvenaria, assim como a furação das lajes para colocação de passantes era de responsabilidade de empresas distintas e não da equipe da própria empresa construtora. Assim, o corte e rasgo da alvenaria de vedação eram de responsabilidade da empresa que executava este serviço e utilizava um equipamento específico para sua execução, conforme ilustrado na Figura 48. O mesmo aconteceu com a furação das lajes, onde a empresa executora terceirizada utilizou o equipamento ilustrado na Figura 23, já apresentada anteriormente no capítulo 4.



**Figura 48 -Equipamento utilizado para corte e rasgo da alvenaria de gesso**

As equipes montadas pela obra seguiam os procedimentos adotados pela gerencia de instalações da empresa. Nestes procedimentos, o oficial ou meio oficial sempre estava acompanhado por um ajudante. Dentre as funções do oficial estavam: a marcação para o corte e rasgo (que eram feitos por empresa terceirizada), marcação da tubulação para ajuste dos *kits* e fixação da tubulação. Os ajudantes ficavam encarregados do corte das tubulações para eventuais ajustes dos *kits*, de lixar e colar as tubulações/conexões e demais atividades complementares.

### **6.3.3 Visão Analítica da Execução dos Serviços**

Uma visão analítica geral dos serviços relacionados à obra em questão é apresentada no Quadro 14. Neste quadro, os serviços são divididos em suas porções

menores, ou seja, nas suas respectivas tarefas e subtarefas. Este procedimento é importante para que se faça a alocação das equipes e a programação das atividades para cada uma em função do nível de detalhamento (ou divisão) dos serviços.

Conforme ressaltado anteriormente, a execução dos SPHSGC desta obra já tinha sido iniciada, sendo alguns destes serviços terceirizados, não fazendo parte do escopo deste estudo de caso. Dentre os serviços objetos de estudo, várias subtarefas também já se encontravam em estágio avançado de execução e também não foi possível abordá-las no período de aplicação do método.

Assim, diante do exposto, a aplicação do método ficou restrita apenas à execução dos ramais de água fria nos ambientes molháveis dos apartamentos (colocação e fixação dos *kits* nas paredes) e à execução dos ramais e sub-ramais de esgoto sanitário sob a laje (colocação e fixação dos *kits* nas lajes).

Diante desta particularidade, uma vez que ambas execuções se resumem à colocação e fixação dos *kits*, a visão analítica destes serviços assume uma importância menor, não sendo essencial para a programação das atividades das equipes ao longo do tempo. Neste caso, a programação foi resumida na execução de cada ambiente molhável ao longo do tempo, considerando que as duas atividades (colocação e fixação) são realizadas simultaneamente.

**Quadro 14 - Partição das atividades de execução dos sistemas prediais em Sistemas, Subsistemas, Tarefas e Subtarefas**

Sistema	Subsistemas	Tarefas	Subtarefas
Sistema Predial Hidráulico, Sanitário, Águas pluviais, Combate e prevenção de incêndio e Gás combustível	Sistema predial de água fria (SPAF)	Prumada	Assentamento
			Fixação
			Fechamento de <i>shaft</i>
		Produção de <i>kits</i>	Medição, corte, lixamento e soldagem
		Marcação, corte e rasgo de alvenaria	Marcação
			Corte
			Rasgo
		Ramal embutido na alvenaria	Assentamento
			Fixação
		Ramal superficial no teto	Assentamento
	Fixação		
	Sub-ramal embutido na alvenaria	Assentamento	
		Fixação	
	Sistema predial de esgoto sanitário (SPES) e Sistema predial de águas pluviais (SPAP)	Tubo de queda e coluna de ventilação	Assentamento
			Fixação
			Fechamento de <i>shaft</i>
		Produção de <i>kits</i>	Medição, corte, lixamento e soldagem
		Marcação, corte, rasgo de alvenaria e furação de lajes	Marcação
			Corte
			Rasgo
		Ramal embutido na alvenaria	Furação
Assentamento			
Ramal superficial no teto		Fixação	
	Assentamento		
			Fixação

**Quadro 14 – Partição das atividades de execução dos sistemas prediais em Sistemas, Subsistemas, Tarefas e Subtarefas (continuação)**

Sistema	Subsistemas	Tarefas	Subtarefas
Sistema Predial Hidráulico, Sanitário, Águas pluviais, Combate e prevenção de incêndio e Gás combustível	Sistema predial de prevenção e combate a incêndio (SPPCI)	Prumada	Assentamento
			Fixação
			Fechamento de <i>shaft</i>
		Teste	Teste
	Ramal ( <i>in loco</i> ) embutido no <i>shaft</i>	Assentamento	
	Sistema predial de gás combustível (SPGC)	Prumada	Assentamento
			Fixação
		Ramal embutido na alvenaria	Assentamento
			Fixação
		Teste	Teste

Dentre os sistemas disponíveis para a coleta, a totalidade dos tubos de queda e de ventilação do SPES, a totalidade dos tubos de queda do SPAP e a totalidade dos ramais de distribuição dos SPAF (tubulação que liga as prumadas aos ambientes molháveis) já estavam executadas.

Assim, para o período de coleta de dados em questão, obtiveram-se indicadores de produtividade da mão de obra para as tarefas de "Ramais e sub-ramais de Água Fria nas paredes" (colocação e fixação) e "Ramais de Esgoto Sanitário sob a Laje" (colocação e fixação).

#### 6.3.4 DIAGNÓSTICO DA PRODUTIVIDADE VIGENTE

Por estarem disponíveis apenas os SPAF e SPES durante o período do diagnóstico da produtividade da mão de obra nesse estudo de caso, serão abordados a seguir as características e quantitativos encontrados desses respectivos sistemas.

#### 6.3.4.1 SPAF

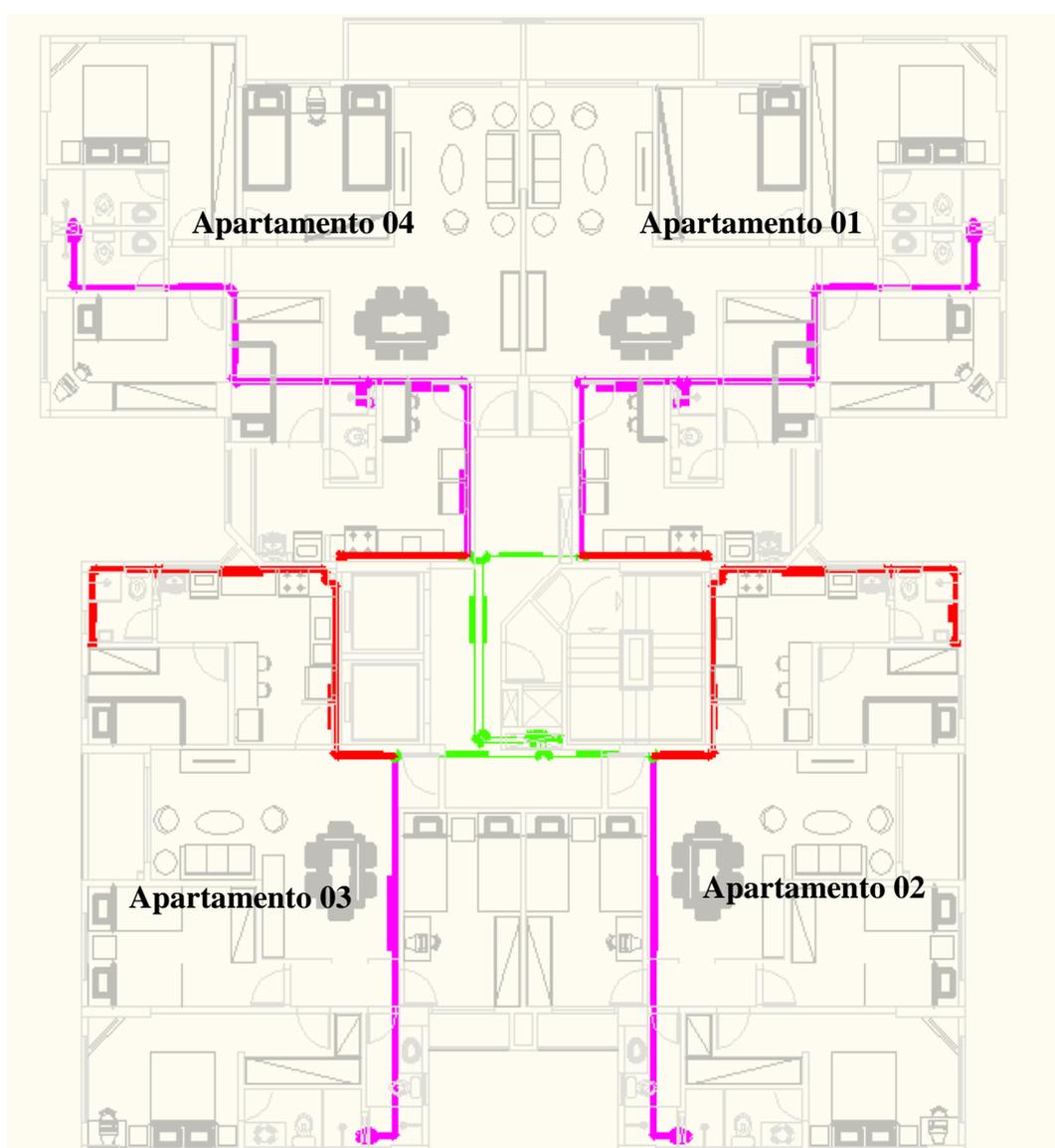
No SPAF da obra são especificados tubos PVC marrom com ponta e bolsa, soldável, rígido, classe 15 e com bitolas de 25 a 110 mm. O sistema classifica-se como indireto, possuindo subsistemas de alimentação e seus elementos (ramal predial, cavalete, hidrômetro mestre e alimentação predial), subsistema de reservação (reservatório inferior, reservatório superior e estação elevatória) e distribuição interna com medição individualizada do fornecimento de água de cada apartamento nos andares correspondentes. Por esse motivo, do barrilete partem duas colunas de distribuição, uma coluna que alimenta os três últimos pavimentos (13º; 14º e 15º andar), passando por um sistema de pressurização para garantir a pressão mínima nos pontos de consumo destes pavimentos, e outra, que alimenta os apartamentos do 12º ao 1º pavimento-tipo.

Da circulação social nos pavimentos-tipo, partindo da coluna oriunda do barrilete localizada no *shaft* junto aos elevadores, o ramal de distribuição de cada apartamento, segue pela parede até o teto (Figura 49) e pelo teto junto à parede, embutidos em sancas de gesso, até a entrada dos apartamentos, onde se subdivide em dois ramais que seguem para dois grupos de áreas molháveis distintas. O primeiro grupo compreende a cozinha, área de serviço e banheiro de empregada, e o segundo grupo compreende o banheiro social e o banheiro da suíte.



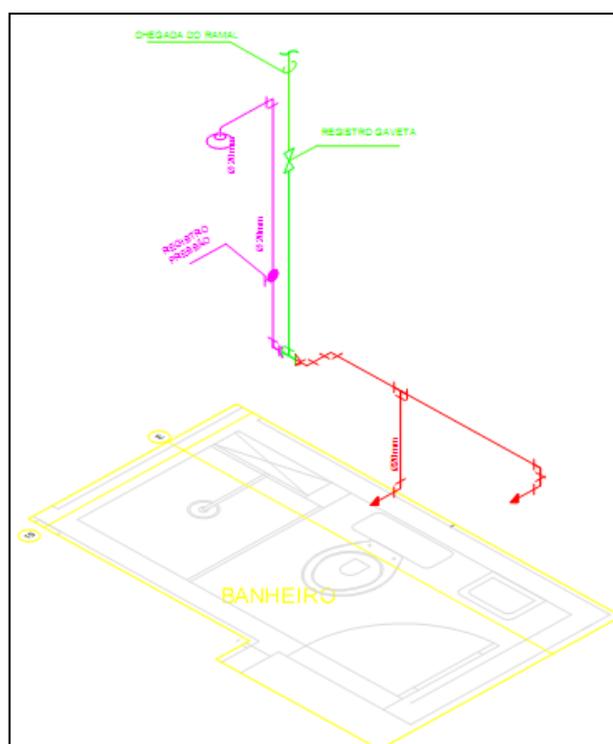
**Figura 49 -Representação de esquema semelhante a saída dos ramais da coluna de distribuição (MATOS; PALIARI, 2010)**

Estes ramais de distribuição são compostos por quatro trechos de *kits* de execução. O primeiro compreende o trecho de ramal que está localizado entre a coluna de distribuição e o teto da circulação social conforme ilustrado na Figura 50. O segundo *kit* de execução, representado na cor verde da Figura 50, localiza-se entre o primeiro trecho e a entrada dos apartamentos. O terceiro *kit* de execução, representado na cor vermelha, compreende do segundo trecho até o sub-ramal da cozinha e, no caso dos apartamentos 02 e 03, o banheiro de empregada. O último trecho de ramais, representado na cor magenta, está compreendido entre o segundo trecho e o *shaft* dos banheiros social e suíte, alimentando no caminho o banheiro de empregada, no caso dos apartamentos 01 e 04.



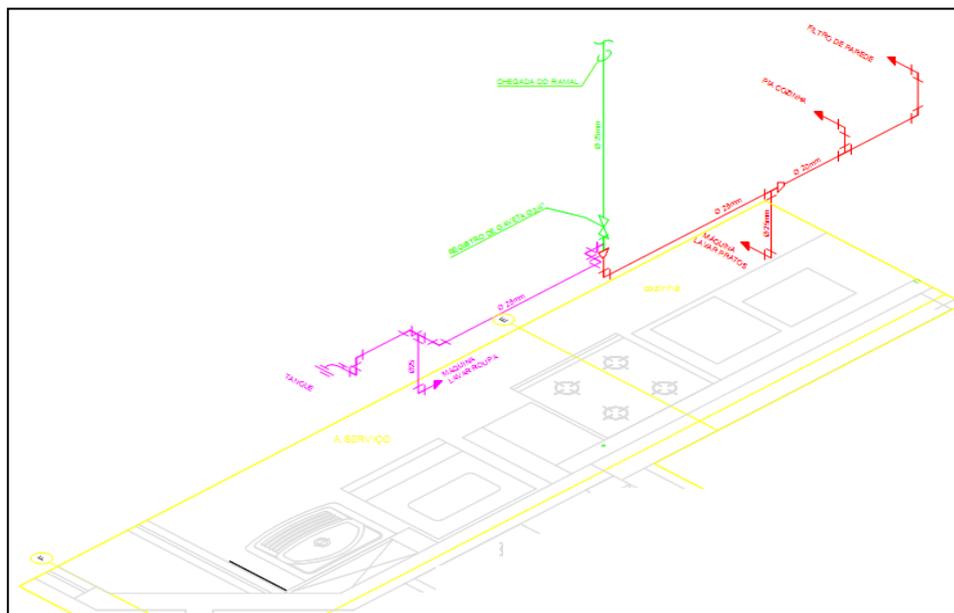
**Figura 50 -Representação dos trechos dos ramais de distribuição do SPAF no pavimento tipo sobre projeto da obra**

Dentro das áreas molháveis, partindo do ramal que chega ao ambiente pelo teto até o ponto de utilização de água, encontram-se os sub-ramais de distribuição de água fria que também estão divididos em trechos de *kits* de execução. Nos banheiros, o primeiro, segundo e terceiro trechos de *kit* do sub-ramal estão, respectivamente, representados pelas cores verde, vermelha e magenta na Figura 51.



**Figura 51 - Representação dos *kits* de execução do sub-ramal dos banheiros do pavimento tipo**

Nas cozinhas e áreas de serviço, os trechos de sub-ramais seguem a mesma sequência de *kits* dos banheiros. O primeiro trecho de sub-ramal em *kit* utilizado pela obra parte na vertical do ramal junto ao teto até suas subdivisões (em *kits*) na horizontal, que alimentam pontos de utilização de água fria e se configuram em dois trechos, como demonstrados pelas cores verde, vermelho e magenta da Figura 52.



**Figura 52 - Representação dos *kits* do sub-ramal da cozinha e área de serviço dos pavimentos tipo**

O levantamento quantitativo da coluna de alimentação, ramais e sub-ramais do suprimento de água fria dos apartamentos está expresso no Quadro 15, onde os valores da coluna de alimentação de cada apartamento referem-se à quarta parte de apenas uma coluna que alimenta o pavimento. Ainda no Quadro 15, os ramais com encaminhamento pelo teto e os sub-ramais com encaminhamento pelas paredes estão divididos em trechos de execução que representam um *kit* cada. A disposição da representação dos dados dos apartamentos no Quadro 15 segue a mesma disposição apresentada pelos projetos do empreendimento.

**Quadro 15 – Levantamento quantitativo da coluna de alimentação, ramais e sub-ramais do SPAF dos apartamentos**

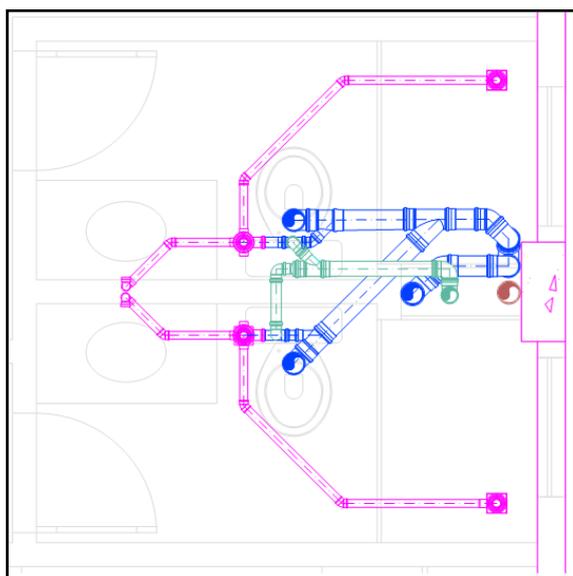
Apartamento 04					Apartamento 01				
C. Alimentação				0,69	C. Alimentação				0,69
Ramal	Teto	1º trecho	4,98	23,36	Ramal	Teto	1º trecho	6,89	25,27
		2º trecho	2,71				2º trecho	2,71	
		3º trecho	15,7				3º trecho	15,7	
Sub-ramal cozinha	Parede	1º trecho	1,62	6,47	Sub-ramal cozinha	Parede	1º trecho	1,62	6,47
		2º trecho	2,68				2º trecho	2,68	
		3º trecho	2,17				3º trecho	2,17	
Sub-ramal banheiro serviço	Parede	1º trecho	1,92	6,48	Sub-ramal banheiro serviço	Parede	1º trecho	1,92	6,48
		2º trecho	2,35				2º trecho	2,35	
		3º trecho	2,21				3º trecho	2,21	
Sub-ramal banheiro social	Parede	1º trecho	1,92	5,26	Sub-ramal banheiro social	Parede	1º trecho	1,92	5,26
		2º trecho	1,50				2º trecho	1,50	
		3º trecho	1,84				3º trecho	1,84	
Sub-ramal banheiro suíte	Parede	1º trecho	2,12	5,56	Sub-ramal banheiro suíte	Parede	1º trecho	2,12	5,56
		2º trecho	1,70				2º trecho	1,70	
		3º trecho	1,74				3º trecho	1,74	
<b>Total do apartamento (m)</b>				<b>47,82</b>	<b>Total do apartamento (m)</b>				<b>49,73</b>
Apartamento 03					Apartamento 02				
C. Alimentação				0,69	C. Alimentação				0,69
Ramal	Teto	1º trecho	3,71	24,19	Ramal	Teto	1º trecho	2,72	23,20
		2º trecho	11,9				2º trecho	11,9	
		3º trecho	8,61				3º trecho	8,61	
Sub-ramal cozinha	Parede	1º trecho	1,62	5,08	Sub-ramal cozinha	Parede	1º trecho	1,62	5,08
		2º trecho	2,48				2º trecho	2,48	
		3º trecho	0,98				3º trecho	0,98	
Sub-ramal banheiro serviço	Parede	1º trecho	2,02	5,94	Sub-ramal banheiro serviço	Parede	1º trecho	2,02	5,94
		2º trecho	2,42				2º trecho	2,42	
		3º trecho	1,50				3º trecho	1,50	
Sub-ramal banheiro social	Parede	1º trecho	1,92	7,40	Sub-ramal banheiro social	Parede	1º trecho	1,92	7,40
		2º trecho	4,08				2º trecho	4,08	
		3º trecho	1,40				3º trecho	1,40	
Sub-ramal banheiro suíte	Parede	1º trecho	1,92	6,38	Sub-ramal banheiro suíte	Parede	1º trecho	1,92	6,38
		2º trecho	3,06				2º trecho	3,06	
		3º trecho	1,40				3º trecho	1,40	
<b>Total do apartamento (m)</b>				<b>49,68</b>	<b>Total do apartamento (m)</b>				<b>48,69</b>
<b>Total Geral dos apartamentos (m)</b>									<b>195,92</b>

#### 6.3.4.2 SPES

No SPES são especificados tubos PVC branco com ponta e bolsa, rígido e soldável e anel de borracha com bitolas variando de 50 a 100 mm. O sistema compõe-se dos subsistemas de coleta, transporte, ventilação e deposição; está classificado, segundo seu subsistema de ventilação, como primário e secundário, havendo ventilação pelo tubo de queda e pelo tubo de ventilação. Dos aparelhos sanitários que coletam o esgoto inicia-se o transporte através dos ramais dos banheiros, cozinhas e áreas de serviço. Na Figura 53 e na Figura 54 estão representados os ramais do esgoto sanitário dos banheiros sociais e suítes do pavimento-tipo da obra que transportam o esgoto do aparelho sanitário para o tubo de queda, como também os ramais de ventilação secundária que transportam os gases para o tubo de ventilação.

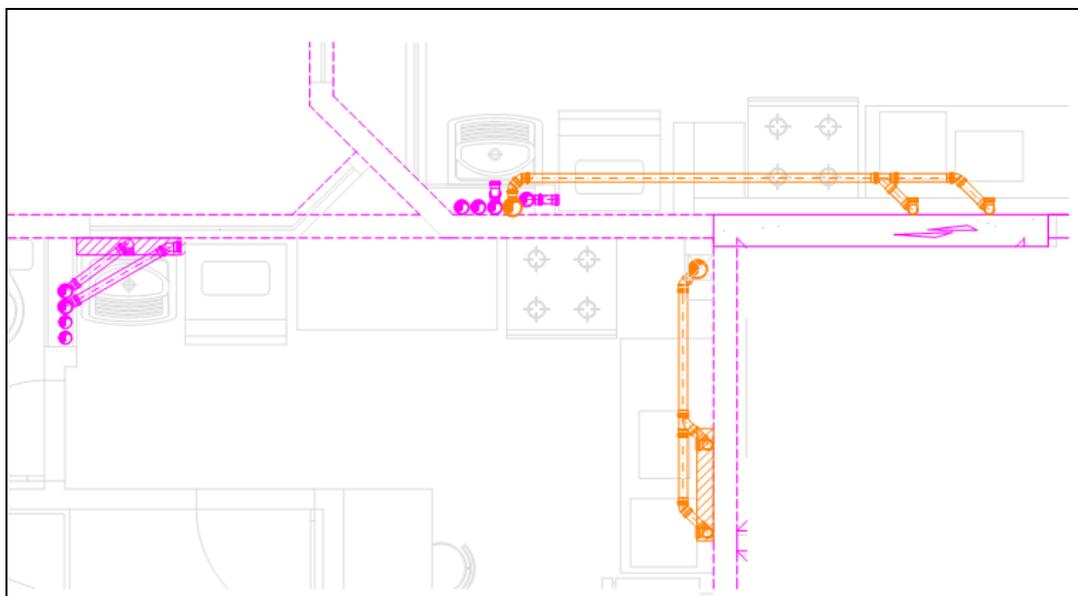


**Figura 53 -Representação dos ramais dos banheiros suíte e social das colunas 1 e 4 do pavimento tipo da obra**



**Figura 54 - Representação dos ramais dos banheiros suíte e social das colunas 2 e 3 do pavimento tipo da obra**

Nas cozinhas e áreas de serviço os ramais transportam o esgoto gorduroso das pias até o tubo de queda específico; as águas servidas do tanque da máquina de lavar roupa são destinadas aos tubos de queda distintos, conforme representado na Figura 55.



**Figura 55 - Representação dos ramais das cozinhas e áreas de serviço das colunas 1 a 4 do pavimento tipo da obra**

O levantamento quantitativo dos ramais e sub-ramais do SPES dos apartamentos está expresso no Quadro 16, onde cada ambiente molhável (banheiros, cozinha e área de serviço) representa um *kit* de tubulação para execução.

**Quadro 16 - Levantamento quantitativo dos ramais e sub-ramais do SPES dos apartamentos**

Apartamento 04					Apartamento 01				
<b>Banheiro social e suíte</b>	Banheiro social	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,63	3,59	<b>Banheiro social e suíte</b>	Banheiro social	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,63	3,59
		Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,20				Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,20	
		Sub-ramal ventilação Ø50	0,20				Sub-ramal ventilação Ø50	0,20	
		Sub-ramal Vaso Ø100	0,56				Sub-ramal Vaso Ø100	0,56	
	Banheiro suíte	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,63	3,75		Banheiro suíte	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,63	3,75
		Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,23				Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,23	
		Sub-ramal ventilação Ø50	0,33				Sub-ramal ventilação Ø50	0,33	
		Sub-ramal Vaso Ø100	0,56				Sub-ramal Vaso Ø100	0,56	
	Sub-ramal ventilação Ø75		1,48			Sub-ramal ventilação Ø75		1,48	
	T. Queda Ø100		2,50			T. Queda Ø100		2,50	
T. Ventilação Ø75		2,57		T. Ventilação Ø75		2,57			
			<b>8,82</b>				<b>8,82</b>		
			<b>5,07</b>				<b>5,07</b>		
<b>Banheiro serviço</b>	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40		2,32	4,74	<b>Banheiro serviço</b>	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40		2,32	4,74
	Sub-ramal ralo e lavatório Ø50		0,11			Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,11		
	Sub-ramal ventilação Ø50		1,76			Sub-ramal ventilação Ø50	1,76		
	Sub-ramal Vaso Ø100		0,55			Sub-ramal Vaso Ø100	0,55		
	T. Queda Ø100		2,50			T. Queda Ø100		2,50	
	T. Ventilação Ø75		2,57			T. Ventilação Ø75		2,57	
			<b>4,74</b>				<b>4,74</b>		
			<b>5,07</b>				<b>5,07</b>		
<b>Cozinha</b>	Sub-ramal gordura Ø50		3,79	<b>3,79</b>	<b>Cozinha</b>	Sub-ramal gordura Ø50		3,79	<b>3,79</b>
<b>A. Serviço</b>	Sub-ramal ralo Ø40		0,78	<b>0,78</b>	<b>A. Serviço</b>	Sub-ramal ralo Ø40		0,78	<b>0,78</b>
	T. Q. Tanque Ø100		5,00			T. Q. Tanque Ø100		5,00	
	T. Q. M. Lavar Ø100		5,14			T. Q. M. Lavar Ø100		5,14	
	T. Q. Drenagem Ø100		2,57			T. Q. Drenagem Ø100		2,57	
	T. Q. Gordura Ø100		2,57			T. Q. Gordura Ø100		2,57	
			<b>15,28</b>				<b>15,28</b>		
<b>Total</b>			<b>43,55</b>	<b>Total</b>			<b>43,55</b>		

**Quadro 16 - Levantamento quantitativo dos ramais e sub-ramais do SPES dos apartamentos (continuação)**

Apartamento 03					Apartamento 02					
Banheiro social e suíte	Banheiro social	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,22	4,02	Banheiro social e suíte	Banheiro social	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,22	4,02	
		Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,19				Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,19		
		Sub-ramal ventilação Ø50	0,76				Sub-ramal ventilação Ø50	0,76		
		Sub-ramal Vaso Ø100	0,85				Sub-ramal Vaso Ø100	0,85		
	Banheiro suíte	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,76	5,23		Banheiro suíte	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40	2,76	5,23	
		Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,67				Sub-ramal ralo e lavatório Ø50	0,67		
		Sub-ramal ventilação Ø50	0,77				Sub-ramal ventilação Ø50	0,77		
		Sub-ramal Vaso Ø100	1,03				Sub-ramal Vaso Ø100	1,03		
	Sub-ramal ventilação Ø75		1,04			Sub-ramal ventilação Ø75		1,04		
	T. Queda Ø100		2,50			T. Queda Ø100		2,50		
T. Ventilação Ø75		2,57		T. Ventilação Ø75		2,57				
				<b>10,29</b>					<b>10,29</b>	
				<b>5,07</b>					<b>5,07</b>	
Banheiro serviço	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40		2,18	3,86	Banheiro serviço	Sub-ramal ralo e lavatório Ø40		2,18	3,86	
	Sub-ramal ventilação Ø50		1,35			Sub-ramal ventilação Ø50	1,35			
	Sub-ramal Vaso Ø100		0,33			Sub-ramal Vaso Ø100	0,33			
	T. Queda Ø100		2,50			T. Queda Ø100		2,50		
	T. Ventilação Ø75		2,57			T. Ventilação Ø75		2,57		
				<b>3,86</b>					<b>3,86</b>	
				<b>5,07</b>					<b>5,07</b>	
Cozinha	Sub-ramal gordura Ø50		2,36		Cozinha	Sub-ramal gordura Ø50		2,36		
	T. Q. Gordura Ø100		2,57			T. Q. Gordura Ø100		2,57		
	Sub-ramal M.Lavar Ø50	1,48	2,36	12,36		Sub-ramal M.Lavar Ø50	1,48	2,36		
	Sub-ramal Tanque Ø40	0,88				Sub-ramal Tanque Ø40	0,88			
	T. Q. Tanque Ø100		5,00			T. Q. Tanque Ø100		5,00		
	T. Q. M. Lavar Ø100		5,00			T. Q. M. Lavar Ø100		5,00		
					<b>2,36</b>					<b>2,36</b>
					<b>2,57</b>					<b>2,57</b>
				<b>12,36</b>					<b>12,36</b>	
<b>Total</b>				<b>41,58</b>	<b>Total</b>				<b>41,58</b>	
<b>Total geral (m)</b>									<b>170,27</b>	

#### 6.3.4.3 Produtividade Vigente

No dia anterior ao início da coleta, próximo ao final do expediente, fez-se o mapeamento dos serviços já executados, localizando em que ambiente (cozinha, banheiro, área de serviço etc.), apartamento e pavimento as atividades foram encerradas até aquele momento, e a partir daí iniciar a medição da produtividade na execução dos serviços.

No Quadro 17 são apresentados os valores de produtividade da mão de obra (RUP diária, RUP cumulativa, RUP potencial) e o valor da perda de produtividade da mão de obra

(PPMO) para o primeiro serviço, enquanto que os dados do segundo serviço são apresentados no Quadro 18. Na sequência, tais valores são representados graficamente nas Figuras 56 e 57, respectivamente.

**Quadro 17 – RUPs diárias, RUP cumulativa, RUP potencial e PPMO na execução dos sub-ramais de água fria nos apartamentos**

DATA (2011)	FUNCIONÁRIO	AMBIENTE	DIA		H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
07/02	01of;01aj	Cozinha, Área de serviço e WC suíte 704	seg	1	2	9,00	18,00	12,95	18,00	12,95	1,39	1,39	-	1,00	38%
08/02	01of;01aj	WC suíte, WC social 704	ter	2	2	9,00	18,00	10,82	36,00	23,77	1,66	1,51	-		
09/02	01of;01aj	Cozinha, Área de serviço e WC serviço 703	qua	3	2	9,00	18,00	11,02	54,00	34,79	1,63	1,55	-		
10/02	01of;01aj	WC suíte, WC social 703; WC suíte701	qui	4	2	9,00	18,00	19,04	80,00	60,30	1,02	1,33	1,02		
	01aj;01aj	Cozinha, Área de serviço 701			2	4,00	8,00	6,47							
11/02	01of;01aj	WC social 701; WC suíte, WC social 702	sex	5	2	9,00	18,00	19,34	116,00	97,14	0,98	1,19	0,98		
	01aj;01aj	WC serviço 701; Cozinha, Área de serviço e WC serviço 702			2	9,00	18,00	17,50							
14/02	01of;01aj	Cozinha, A. serviço e WC serviço 804	seg	6	2	9,00	18,00	12,95	134,00	110,09	1,39	1,22	-		
15/02	01of;01aj	WC social, WC Suíte 804	ter	7	2	9,00	18,00	10,82	170,00	131,93	1,65	1,29	-		
	01aj;01aj	Cozinha, Área de serviço e WC serviço 802			2	9,00	18,00	11,02							
16/02	01of;01aj	Cozinha, WC serviço 803	qua	8	2	9,00	18,00	11,02	188,00	142,95	1,63	1,32	-		
17/02	01of;01aj	WC Serviço 902	qui	9	2	9,00	18,00	6,92	224,00	163,65	1,74	1,37	-		
	01aj;01aj	WC social, WC Suíte 802			2	9,00	18,00	13,78							
18/02	01of;01aj	Cozinha, Área de serviço e WC social 903	sex	10	2	9,00	18,00	12,48	260,00	188,61	1,44	1,38	-		
	01aj;01aj	Cozinha e WC serviço 902			2	9,00	18,00	12,48							

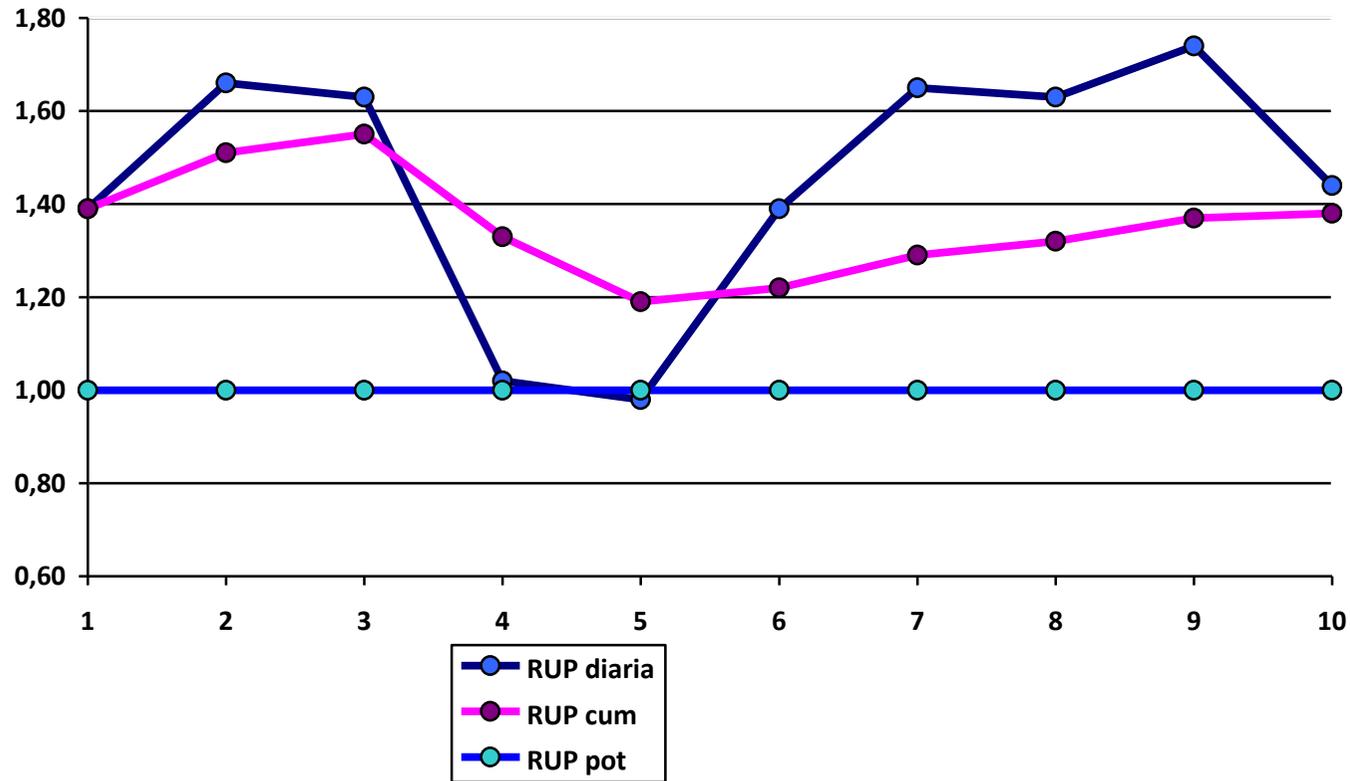


Figura 56 - Gráfico das RUPs diárias, RUP cumulativa e RUP potencial da execução dos sub-ramais de água fria nos apartamentos

**Quadro 18 - RUPs diárias, RUP cumulativa, RUP potencial e PPMO na execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos**

DATA (2011)	FUNCIONÁRIO	AMBIENTE	DIA		H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
07/02	01of;01aj	WC suíte 402	seg	1	2	4,00	8,00	5,23	8,00	5,23	1,53	1,53	-	0,88	36,4%
08/02	01of+01aj	WC social 402;WC serviço 402	ter	2	2	9,00	18,00	7,88	30,00	17,13	1,85	1,75	-		
	01aj	WC social 403			1	4,00	4,00	4,02							
09/02	01of+01aj	WC social 302;WC serviço 302	qua	3	2	9,00	18,00	7,88	48,00	25,01	2,28	1,92	-		
10/02	01of+01aj	WC suíte 502,503,602; serviço 502,503,602	qui	4	2	9,00	18,00	27,27	84,00	64,34	0,92	1,31	0,92		
	02aj	WC social; 502, 503,602			2	9,00	18,00	12,06							
11/02	01of+01aj	WC suíte 603, 702, 703; serviço 603,702,703	sex	5	2	9,00	18,00	27,27	120,00	103,67	0,92	1,16	0,92		
	02aj	WC social; 603, 702,703			2	9,00	18,00	12,06							
15/02	01of+01aj	WC social 802;WC serviço 802	ter	6	2	9,00	18,00	7,34	156,00	118,36	2,45	1,32	-		
	02aj	WC social 803;WC serviço 403			2	9,00	18,00	7,34							
16/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 802	qua	7	2	9,00	18,00	13,11	174,00	131,47	1,37	1,32	-		
17/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 202B; Cozinha 801,802,803,804	qui	8	2	9,00	18,00	21,55	192,00	153,02	0,84	1,25	0,84		
18/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 804	sex	9	2	9,00	18,00	21,62	210,00	174,64	0,83	1,20	0,83		

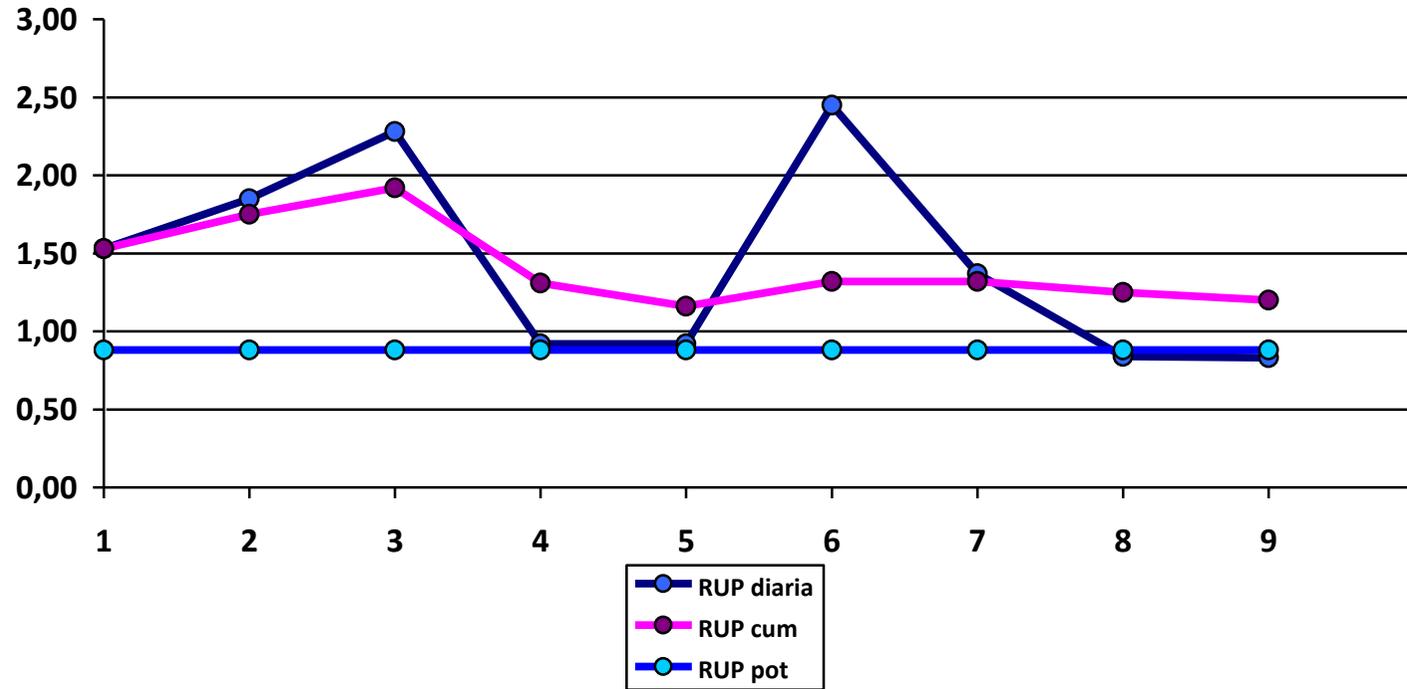


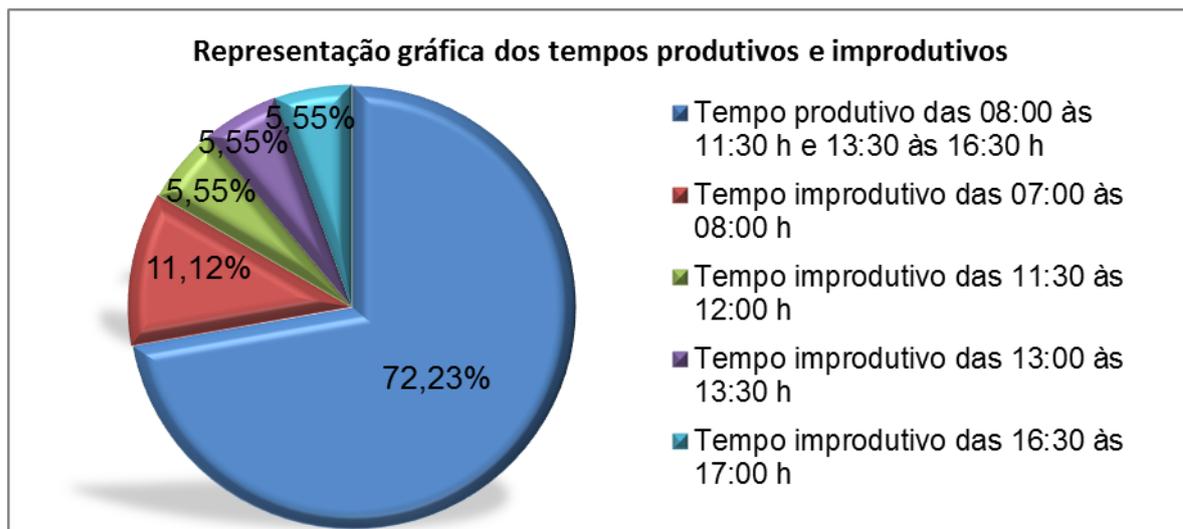
Figura 57 - Gráfico das RUPs diárias, RUP cumulativa e RUP potencial da execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos

Analisando os resultados dos indicadores de produtividades apresentados no Quadro 17 (SPAF) pode-se observar que a RUP diária possui grande amplitude caracterizada pela diferença entre os resultados do quinto e nono dia. Observa-se, também, que na maioria dos dias a RUP diária se situou entre o patamar de 1,39 Hh/m e 1,74 Hh/m, apresentando apenas dois dias de produtividades excelentes (quarto e quinto dias, com RUP diárias de 1,02 Hh/m e 0,98Hh/m, respectivamente).

Neste levantamento, a RUP cumulativa final foi de 1,38 Hh/m e a RUP potencial foi de 1,00 Hh/m, apresentando uma perda de produtividade (PPMO), em termos percentuais de 38%, considerada elevada.

A mesma leitura pode ser feita para os indicadores de produtividade da mão de obra na execução dos SPES. No entanto, ao contrário do que foi detectado para o SPAF, houve uma maior incidência de dias com produtividade melhores. Para este serviço, portanto, se detectou uma RUP cumulativa final de 1,20 Hh/m e uma RUP potencial de 0,88 Hh/m, ambas maiores do que para o serviço de SPAF (fixação de kits de ramais e sub-ramais nas paredes), significando um maior esforço por parte da mão de obra na execução deste serviço em relação à execução do SPAF. O afastamento da RUP cumulativa final em relação à RUP potencial revela uma perda de 36,4% da produtividade da mão de obra, praticamente no mesmo patamar do que identificado para o outro serviço analisado.

Com intuito de se verificar o tempo efetivamente gasto pelos operários na execução dos SPAF e SPES, fez-se uma observação pontual e de caráter exploratório em alguns dias de trabalho onde o tempo dedicado ao trabalho dos operários foi classificado em produtivo (dentro do qual também se insere os tempos auxiliar) e tempo improdutivo. Neste levantamento, embora pontual, se verificou que no período no qual o operário esteve disponível para a execução destes serviços, 27,77% deste foi classificado como improdutivo e 72,23% como tempo produtivo. Detectou-se a maior porcentagem do tempo improdutivo no início da jornada de trabalho, além de valores semelhantes antes e após o do almoço e, finalmente, no final da jornada de trabalho (Figura 58).



**Figura 58 - Gráfico de distribuição das horas diárias produtivas e improdutas das equipes de execução**

Além desta análise, destaca-se também uma situação de contexto que diz respeito a existência de frente de trabalho (paredes de alvenaria). Durante o período de análise, verificou-se que a mão de obra estava ociosa pela falta de alvenarias para execução dos ramais do SPAF nas paredes.

### 6.3.5 Reunião de Avaliação

Diagnosticada a produtividade vigente, realizou-se uma reunião com o gerente de empreendimento para apresentação do diagnóstico sobre a produtividade da mão de obra vigente e para definir os parâmetros de produtividade a serem utilizados para realizar o planejamento operacional da execução do SPAF e SPES. Explanou-se também que se identificou uma grande parcela do tempo em que os funcionários estiveram disponível para o trabalho não empregada na efetiva execução destes sistemas.

A partir desta identificação, foram montados dois Cenários (**Cenário A**, considerando o tempo no qual os operários estiveram disponíveis para o trabalho e **Cenário B**, considerando apenas os tempos produtivos). A partir destes valores e dos salários pagos aos operários, chegou-se ao valor das perdas financeiras decorrente do período de tempo improdutivo. Os valores considerando estes dois cenários estão apresentados no Quadro 19.

**Quadro 19 – Comparação de custos salariais produtivos e improdutivo por função e total**

<b>Função</b>	<b>Quantidade (H)</b>	<b>Salário<sup>12</sup></b>	<b>Total (100%)</b>	<b>Total (72,23%)</b>	<b>Total (Perda de 27,77%)</b>
Encanador	2	R\$ 844,48	R\$ 1.688,96	R\$ 1.219,94	R\$ 469,02
Meio-oficial	2	R\$ 585,83	R\$ 1.171,66	R\$ 846,29	R\$ 325,37
Ajudante	4	R\$ 571,79	R\$ 2.287,16	R\$ 1.652,02	R\$ 635,14
<b>Totais</b>	<b>8,00</b>	<b>R\$ 2.002,10</b>	<b>R\$ 5.147,78</b>	<b>R\$ 3.718,24</b>	<b>R\$ 1.429,54</b>

Além da questão financeira, apresentou-se também uma simulação do cálculo da produtividade da mão de obra para os serviços executados neste período. Para tanto, considerando-se que a totalidade desse tempo ocioso fosse diminuído de forma que houvesse o aproveitamento máximo do tempo disponível neste processo, embora sabe-se que se trata de uma simulação totalmente fictícia, haja vista que na Construção Civil isso não acontece. Os indicadores de produtividade resultantes desta simulação estão apresentados nos Quadros 20 e 21.

<sup>12</sup> Valores adquiridos através do site do Sinduscon do Estado de Sergipe.

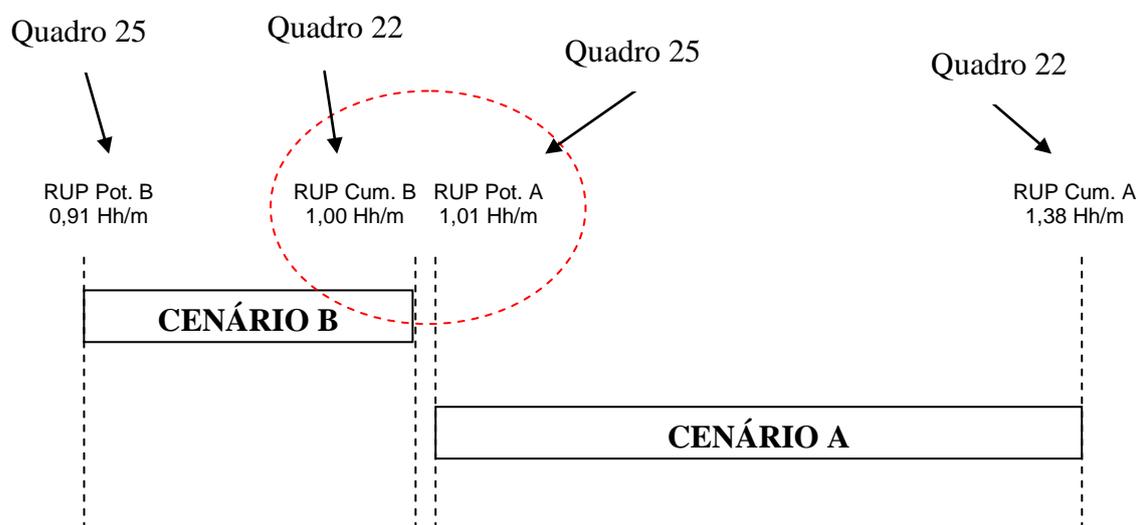
**Quadro 20 – Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos sub-ramais de água fria nos apartamentos considerando apenas o tempo produtivo**

DATA	FUNCIONÁRIO	AMBIENTE	DIA		H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
07/02	01of;01aj	Cozinha,Área Serviço e WC suíte 704	seg	1º	2	6,50	13,00	12,95	13,00	12,95	1,00	1,00	1,00	0,91	10%
08/02	01of;01aj	WC suíte, WC social 704	ter	2º	2	6,50	13,00	10,82	26,00	23,77	1,20	1,09	-		
09/02	01of;01aj	Cozinha, Área Serviço e WC serviço 703	qua	3º	2	6,50	13,00	11,02	39,00	34,79	1,18	1,12	-		
10/02	01of;01aj	WC suíte, WC social 703; WC suíte701	qui	4º	2	6,50	13,00	19,04	60,00	60,30	0,82	1,00	0,82		
	01aj;01aj	Cozinha, Área Serviço 701			2	4,00	8,00	6,47							
11/02	01of;01aj	WC social 701;WC suíte, WC social 702	sex	5º	2	6,50	13,00	19,34	86,00	97,14	0,71	0,89	0,71		
	01aj;01aj	WC serviço 701;Cozinha, Área Serviço e WC serviço 702			2	6,50	13,00	17,50							
14/02	01of;01aj	Cozinha, Área Serviço e WC serviço 804	seg	6º	2	6,50	13,00	12,95	99,00	110,09	1,00	0,90	1,00		
15/02	01of;01aj	WC social, WC Suíte 804	ter	7º	2	6,50	13,00	10,82	125,00	131,93	1,19	0,95	-		
	01aj;01aj	Cozinha, Área Serviço e WC serviço 802			2	6,50	13,00	11,02							
16/02	01of;01aj	Cozinha,WC serviço 803	qua	8º	2	6,50	13,00	11,02	138,00	142,95	1,18	0,97	-		
17/02	01of;01aj	WC Serviço 902	qui	9º	2	6,50	13,00	6,92	164,00	163,65	1,26	1,00	-		
	01aj;01aj	WC social, WC Suíte 802			2	6,50	13,00	13,78							
18/02	01of;01aj	Cozinha, Área Serviço e WC social 903	sex	10º	2	6,50	13,00	12,48	190,00	188,61	1,04	1,01	-		
	01aj;01aj	Cozinha e WC serviço 902			2	6,50	13,00	12,48							

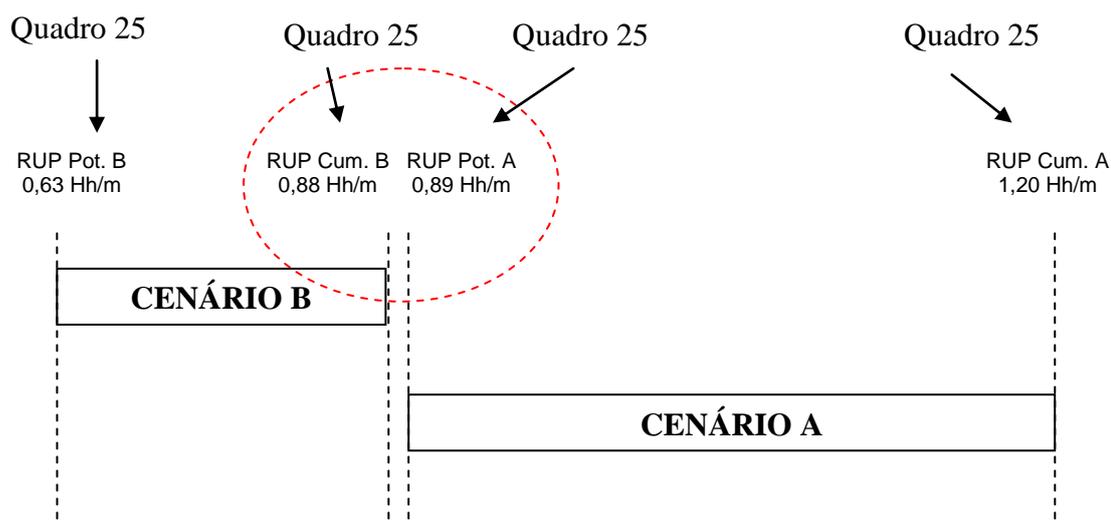
**Quadro 21 - Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos considerando apenas o tempo produtivo**

DATA	FUNCIONÁRIO	AMBIENTE	DIA		H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
07/02	01of;01aj	WC suíte 402	seg	1º	2	4,00	8,00	5,23	8,00	5,23	1,53	1,53	-	0,63	43%
08/02	01of+01aj	WC social 402;WC serviço 402	ter	2º	2	6,50	13,00	7,88	27,50	17,13	1,43	1,46	-		
	01aj	WC social 403			1	4,00	4,00	4,02							
09/02	01of+01aj	WC social 302;WC serviço 302	qua	3º	2	6,50	13,00	7,88	40,50	25,01	1,65	1,52	-		
10/02	01of+01aj	WC suite 502,503,602; serviço 502,503,602	qui	4º	2	6,50	13,00	27,27	66,50	64,34	0,66	0,99	0,66		
	02aj	WC social; 502, 503,602			2	6,50	13,00	12,06							
11/02	01of+01aj	WC suite 603, 702, 703; serviço 603,702,703	sex	5º	2	6,50	13,00	27,27	92,50	103,67	0,66	0,87	0,66		
	02aj	WC social; 603, 702,703			2	6,50	13,00	12,06							
15/02	01of+01aj	WC social 802;WC serviço 802	ter	6º	2	6,50	13,00	7,34	118,50	118,36	1,77	0,98	-		
	02aj	WC social 803;WC serviço 403			2	6,50	13,00	7,34							
16/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 802	qua	7º	2	6,50	13,00	13,11	131,50	131,47	0,99	0,98	-		
17/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 202B; Cozinha 801,802,803,804	qui	8º	2	6,50	13,00	21,55	144,50	153,02	0,60	0,93	0,60		
18/02	01of+01aj	WC Social, Suíte, Serviço 804	sex	9º	2	6,50	13,00	21,62	157,50	174,64	0,60	0,89	0,60		

Os resultados de produtividade da mão de obra vigente e os da simulação para os dois serviços (RUP cumulativa e RUP potencial) foram representados em faixas de valores (Figuras 59 e 60).



**Figura 59 - Faixa de produtividade da mão de obra na execução dos ramais e sub-ramais de água fria considerando os dois cenários - (SPAF)**



**Figura 60 - Faixa de produtividade da mão de obra na execução dos ramais e sub-ramais de esgoto sanitário considerando os dois cenários (SPES)**

Destas faixas, observa-se que o valor da RUP potencial do Cenário A (considerando o tempo total disponível para o trabalho) é praticamente idêntico ao valor da RUP cumulativa

do Cenário B (considerando apenas o tempo produtivo). Este fato é observado para os dois serviços analisados.

Diante desta constatação, é perfeitamente possível estabelecer como meta de produtividade da mão de obra nestes dois serviços o valor da RUP potencial calculada no Cenário A, constituindo-se, portanto, numa meta factível de ser alcançada desde que os tempos improdutivos relacionados à gestão da produção sejam praticamente eliminados.

### 6.3.6 Dimensionamento das Equipes

Para o dimensionamento das equipes, algumas decisões precisam ser tomadas em função das possibilidades de intervenção no planejamento operacional da execução destes sistemas. Assim, os seguintes caminhos poderiam ser tomados:

- (a) quanto ao indicador de produtividade a adotar:
  - (a1) RUP potencial considerando o Cenário A;
  - (a2) RUP potencial considerando o Cenário B;
  - (a3) RUP cumulativa considerando o Cenário A;
  - (a4) RUP cumulativa considerando o Cenário B;
  - (a5) Valor intermediário entre a RUP potencial e a RUP cumulativa;
- (b) quanto à decisão ou não de se redimensionar a quantidade de operários para uma certa quantidade de serviço a ser executada em certo período de tempo (tempo de ciclo de produção) *versus* manter a quantidade de operários e dimensionar a quantidade de serviço a ser executada em certo período de tempo;
- (c) quanto ao tempo de ciclo de produção adotado para o planejamento operacional (uma ou mais semanas);
- (d) quanto à estratégia de execução (série ou paralelo) e divisão dos operários em equipes distintas ou não.

Assim, estabeleceu-se, durante a reunião, que o tempo de ciclo de produção seria de uma semana, tempo este usualmente empregado na empresa para maioria dos controles de prazo dos serviços executados.

Em relação ao valor da produtividade da mão de obra, por sugestão do autor desse trabalho optou-se pela utilização de RUPs considerando o Cenário A, uma vez que não se

poderia afirmar que as ações para aproveitamento quase completo do tempo disponível seriam aplicadas imediatamente.

Além disso, entendeu-se que o valor da RUP a ser adotada estivesse entre a RUP cumulativa e a RUP potencial (Cenário A), uma vez que a cumulativa já foi alcançada, não se constituindo, portanto, em um desafio a ser vencido, e a RUP potencial seria uma meta muito difícil de ser alcançada no momento.

Assim, sugeriu-se como meta de produtividade da mão de obra do a média dos valores da RUP potencial e da RUP cumulativa obtida para os dois serviços, de acordo com a Equação 10, sendo os valores envolvidos e calculados apresentados no Quadro 22:

$$RUP_{adotada} = \frac{(RUP_{Cum} + RUP_{pot})}{2} \quad (\text{Eq. 10})$$

**Quadro 22 - RUP Adotada para o planejamento operacional da execução do SPAF e SPES**

Sistema	RUP Potencial (Hh/m)	RUP Cumulativa (Hh/m)	RUP Inicialmente adotada (Hh/m)
SPAF	1,00	1,38	1,19
SPES	0,88	1,20	1,05

Por parte da empresa, as sugestões foram direcionadas para a manutenção de duas equipes existentes compostas por 4 operários cada (1 oficial, 1 meio oficial e 2 ajudantes), com o compromisso da empresa responsável pela execução da alvenaria de vedação de aumentar sua equipe de produção visando evitar conflitos com a execução dos sistemas prediais em um ritmo maior do que o vigente.

Portanto, ao invés de se fazer o dimensionamento das equipes, manteve-se constante o número de operários de cada equipe, variando-se a quantidade de serviço a ser executada para atingir o prazo de uma semana, considerando 44 horas semanais.

Este cálculo foi realizado utilizando-se a Eq. 11:

$$Q_s = \frac{(Hh)}{RUP_{adotada}} \quad (\text{Eq. 11})$$

Utilizando-se esta equação chegou-se à quantidade de serviço que deveria ser feita e que mais se aproximasse do prazo de execução (44 horas). Encontrados os valores totais de serviço por semana e dividindo-os pelo quantitativo total das subtarefas do pavimento, obteve-se o total de pavimentos para cada equipe conforme a Equação 12, sendo os resultados apresentados no Quadro 23.

$$N^{\circ} \text{ pavimentos} = \frac{Q_{Stotal}}{Q_{Spavimento}} \quad (\text{Eq. 12})$$

**Quadro 23 – Quantidade de pavimento para equipe demandada durante 44 horas semanais no SPAF e SPES**

Sistema	H	h	RUP	Qs	Qs pavimento	Nº de pav. Por semana
SPAF	44,00	4,00	1,19	147,90	97,14	1,52
SPES	44,00	4,00	1,05	167,62	74,00	2,27

Portanto, para este serviço, a meta de produção da **Equipe 1** composta por 4 operários (1 oficial, 1 meio oficial e 2 ajudantes), num prazo de 1 semana é de 147,90 metros de tubulação, o que corresponde à execução de 6 apartamentos neste período ou, 1,5 pavimento.

Adotando-se o mesmo raciocínio das Equações 6 e 7 para o SPES, chega-se ao resultado de 2,27 pavimentos, correspondendo a 9 apartamentos para a **Equipe 2**. Porém optou-se por aproximar tais valores para 2,5 pavimentos, ou 10 apartamentos, tornando-se mais equânime a distribuição dos serviços para o oficial, o meio oficial e seus respectivos ajudantes.

Desta forma e realizando o processo de cálculo inverso das Equações 13 e 14, apresentados nas Equações 8 e 9, chegou-se aos valores da quantidade de serviço para 44 horas semanas e a RUP a ser adotada, apresentados no Quadro 24.

$$Q_{Stotal} = Q_{Spavimento} \times N^{\circ} \text{ pavimentos} \quad (\text{Eq. 13})$$

$$RUP_{\text{adotada}} = \frac{(Hh)}{Q_{\text{Stotal}}} \quad (\text{Eq. 14})$$

**Quadro 24 – Quantidade de pavimento para equipe demandada durante 44 horas semanais no SPAF e SPES**

Sistema	H	h	RUP	Qs	Qs pavimento	Nº de pav. por semana
SPAF	44,00	4,00	1,19	147,90	97,14	1,52
SPES	44,00	4,00	0,95	185,26	74,00	2,50

Portanto conclui-se que na execução do SPAF, a meta consiste na execução de 147,14 m de tubulação em 44 horas semanais resultando numa produtividade cumulativa de 1,19 Hh/m. Para o SPES, a meta de execução será de 185,26 metros de tubulação em 44 horas, resultando em uma produtividade de 0,95 Hh/m (RUP cumulativa), valor este inferior à média entre a RUP potencial e a RUP cumulativa (1,05 Hh/m) diagnosticadas, porém superior à RUP potencial (0,88 Hh/m).

### 6.3.7 Alocação das Equipes e Programação das Atividades ao Longo do Ciclo de Produção

Para esse Estudo de Caso foi elaborada a programação semanal da execução dos ramais de água fria nos ambientes molháveis (SPAF) e também dos ramais de esgoto sanitários sob a laje (SPES) utilizando a técnica de Linha de Balanço, considerando as duas equipes de execução determinadas no item anterior.

Estrategicamente, cada equipe de trabalho foi subdividida em duas outras, composta por um oficial (ou meio oficial) e um ajudante, cada.

A programação e a correspondente locação das equipes nestes serviços, agora num total de quatro, foram feitas tendo-se como unidade de trabalho o ambiente molhável de cada apartamento. A duração da execução dos serviços em cada ambiente molhável foi determinada de acordo com a seguinte Equação 15:

$$h = \frac{(RUP \times Qs)}{\text{Equipe}} \quad (\text{Eq. 15})$$

A sequência de execução foi elaborada considerando um trajeto lógico no qual, ao se terminar o serviço em um determinado ambiente molhável, parte-se para a execução deste mesmo serviço no ambiente molhável mais próximo.

Para exemplificar o procedimento de locação, no Quadro 15 estão discriminados os quantitativos das subtarefas das áreas molháveis do SPAF. Lançando-se tais quantitativos na Equação 10 juntamente os dados demonstrados no Quadro 24, determinam-se, para cada dia de trabalho, as horas necessárias para a execução de cada subtarefa, como representado no Quadro 25.

**Quadro 25 – Cálculo das durações das subtarefas do SPAF para o 1º dia de programação**

1º dia					
Apartamento	Equipe (H)	RUP adotada (Hh/m)	Ambiente	QS subtarefa (m)	Horas (h)
301	Equipe 1 (1 OF. + 1 AJ.)	1,19	Banheiro suíte	5,56	3,31
			Banheiro social	5,26	3,13
			Banheiro serviço	6,48	3,86
			<b>Total</b>	<b>17,30</b>	<b>10h11min</b>
304	Equipe 2 (1 M.OF. + 1 AJ.)	1,19	Banheiro suíte	5,56	3,31
			Banheiro social	5,26	3,13
			Banheiro serviço	6,48	3,86
			<b>Total</b>	<b>17,30</b>	<b>10h11min</b>

Observa-se que os tempos encontrados para cada subtarefa não correspondem (e dificilmente corresponderão) a um número inteiro de horas e suas frações representadas em quartos de hora, havendo a necessidade de se fazer uma aproximação, geralmente para mais, fazendo com que cada atividade tenha uma pequena folga de execução, ou reduzindo-se ou aumentando-se os tempos de forma que no final do dia estas alterações sejam compensadas.

Da mesma forma, observa-se ainda que o somatório total das horas encontradas para cada equipe pode ultrapassar o período de trabalho diário. Neste caso, deve-se programar parte da atividade prevista para o final de um dia de trabalho da equipe para o início do dia seguinte.

No Quadro 26 ilustra-se um exemplo da necessidade dos acertos dos tempos para horas inteiras e quartos de hora. Neste caso também, parte do serviço correspondente à

1h30min (horas excedentes à jornada de trabalho diária de 9 horas) foi programada para o início do dia seguinte.

**Quadro 26 – Acertos nas durações das subtarefas do SPAF para o 1º dia de programação**

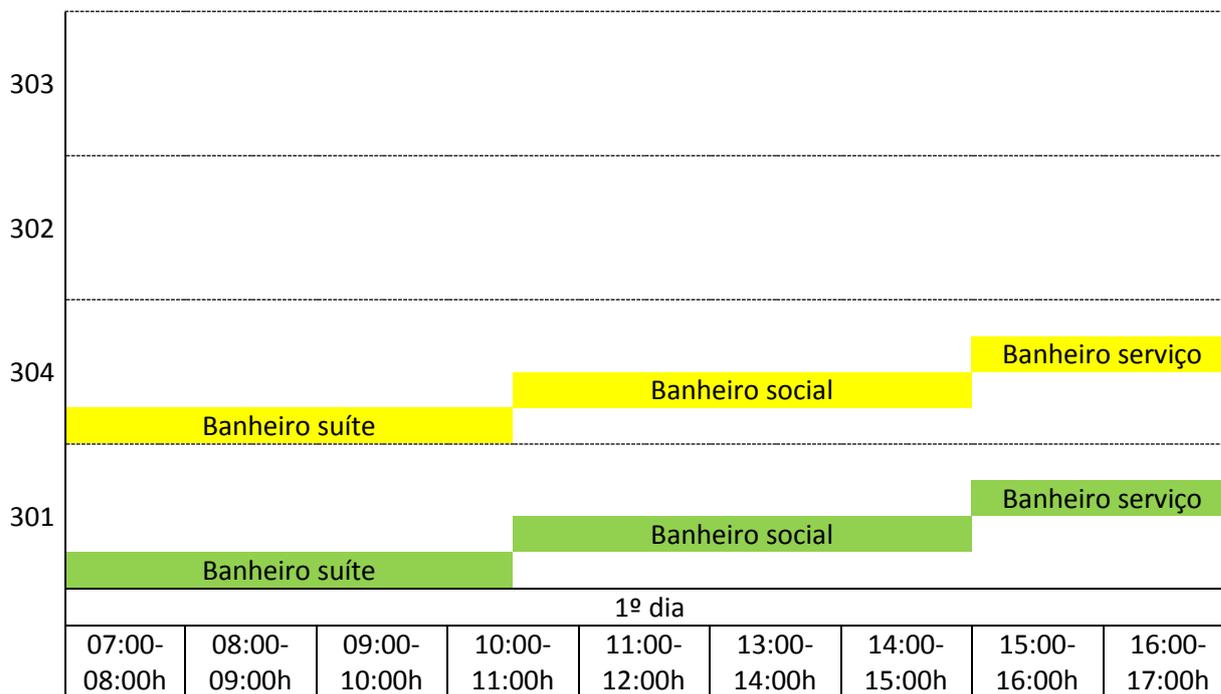
1º dia					
Apartamento	Equipe (H)	RUP adotada (Hh/m)	Ambiente	QS subarefa (m)	Horas (h)
301	Equipe 1 (1 OF. + 1 AJ.)	1,19	Banheiro suíte	5,56	3,50
			Banheiro social	5,26	3,50
			Banheiro serviço	6,48	4,00
			<b>Total</b>	<b>17,30</b>	<b>11h</b>
304	Equipe 2 (1 M.OF. + 1 AJ.)	1,19	Banheiro suíte	5,56	3,50
			Banheiro social	5,26	3,50
			Banheiro serviço	6,48	4,00
			<b>Total</b>	<b>17,30</b>	<b>11h</b>

Raciocínio semelhante foi adotado para o SPES.

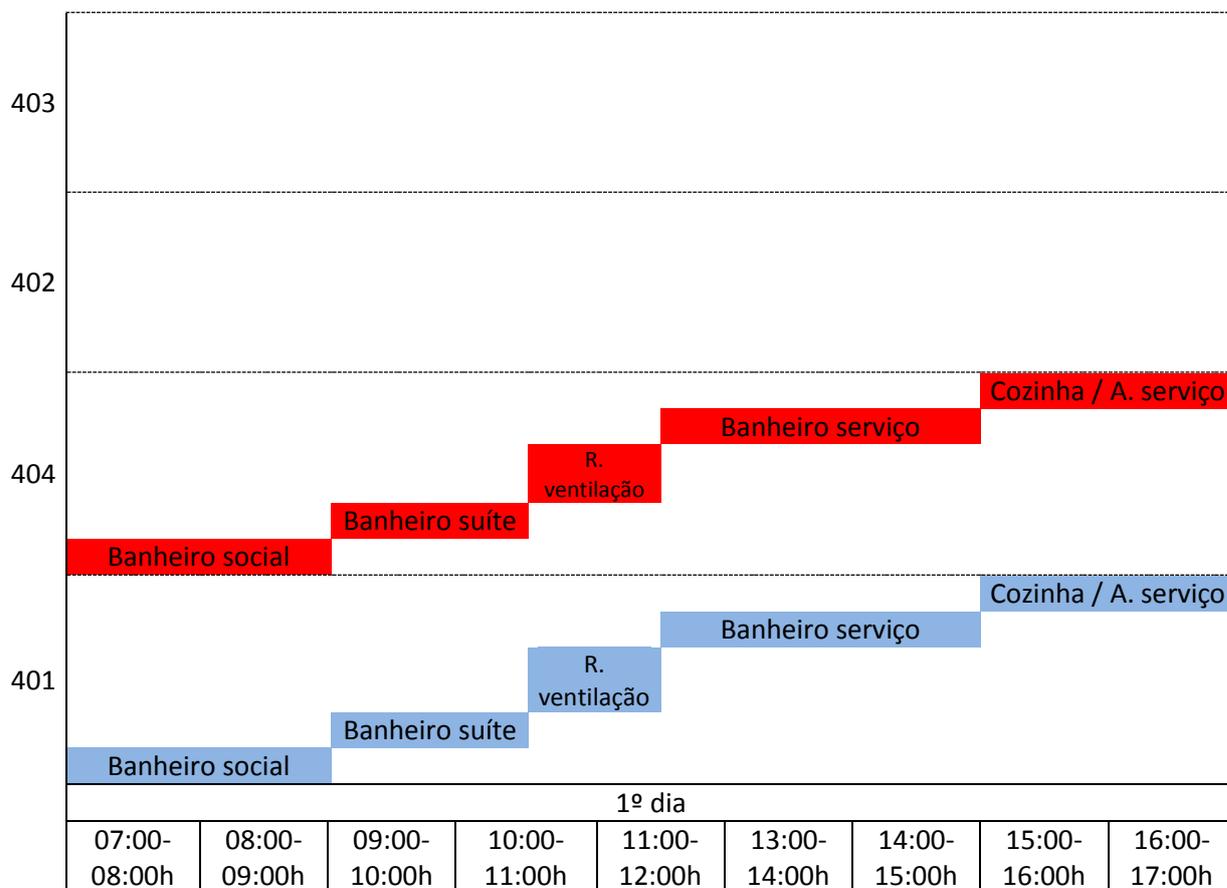
Para o SPAF foram programados seis apartamentos (301, 302, 303, 304, 402 e 403), para duas equipes representadas pelas cores verde e amarela. Para o SPES foram programados dez apartamentos (401, 402, 403, 404, 501, 502, 503, 504, 601 e 604), para duas equipes representadas pelas cores azul e vermelha.

A título de exemplo, na Figura 61 ilustra-se a programação das atividades para execução dos ramais de água fria nas paredes (colocação e fixação) nos apartamentos pela Equipe 1 (lembrando que foi subdividida em duas), enquanto que na Figura 62 ilustra-se a programação das atividades para a execução dos ramais de esgoto sanitário (colocação e fixação) nos apartamentos pela Equipe 2 (que também foi subdividida).

Nesta representação da programação das atividades, o eixo das abscissas representa o tempo, em dias, e horas por dia, enquanto que no eixo das ordenadas representam as unidades básicas de execução (apartamentos) dividido nas subtarefas.



**Figura 61- Primeiro dia da programação semanal das subtarefas do SPAF do Estudo de Caso utilizando a técnica de Linha de Balanço**



**Figura 62 - Primeiro dia da programação dos subtarefas do SPES do Estudo de Caso utilizando a técnica de Linha de Balanço**

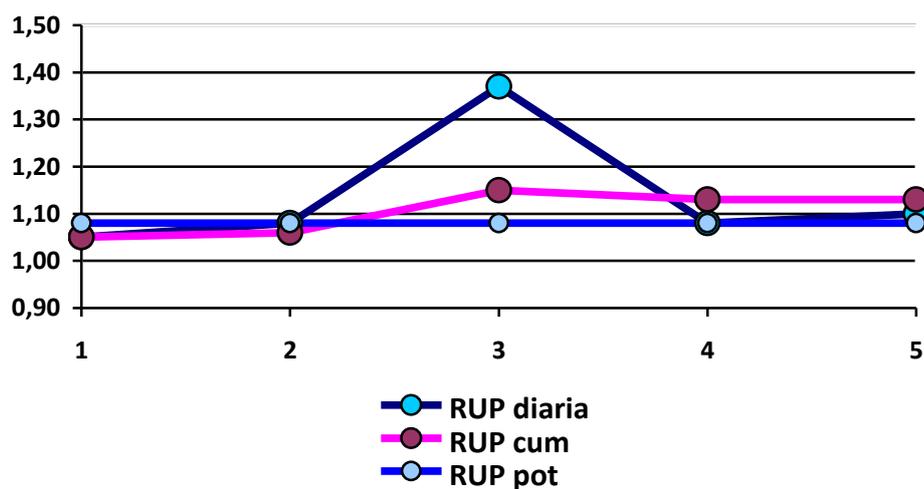
### 6.3.8 Controle

Nesta etapa procedeu-se o levantamento *in loco* dos indicadores de produtividade da mão de obra para os dois serviços analisados, como forma de se verificar se as metas de produção e produtividade estipuladas foram cumpridas.

Os resultados deste levantamento estão apresentados nos Quadros 27 e 28 para os serviços de SPAF e SPES. Os mesmos são representados graficamente nas Figuras 63 e 64.

**Quadro 27 - Indicadores de produtividade da mão de obra e PPMO para a execução dos sub-ramais de distribuição de água fria nos apartamentos após a realização do planejamento operacional**

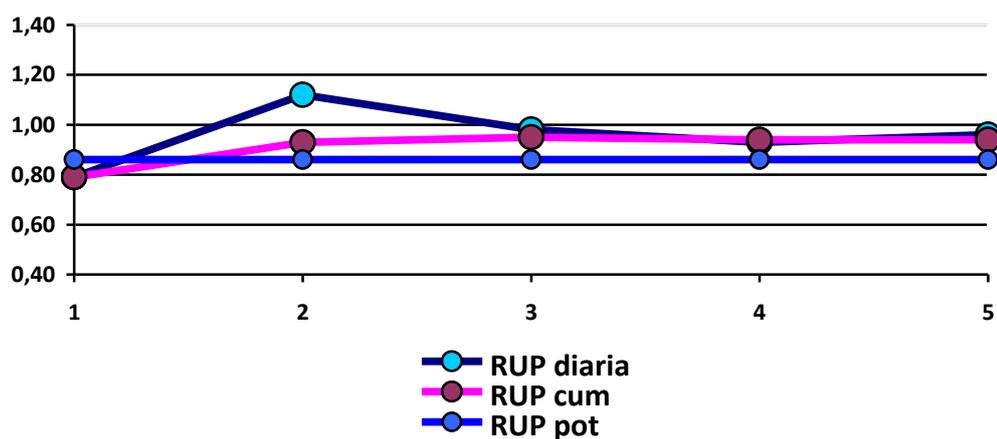
FUNCIONÁRIOS	DIA	H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO					
01Of;01Aj	seg	1º	2	5,00	10,00	10,52	36,00	34,26	1,05	1,05	1,05	5%					
			2	4,00	8,00	8,65											
01M.Of;01Aj	seg	1º	2	5,00	10,00	8,90	36,00	34,26	1,05	1,05	1,05		5%				
			2	4,00	8,00	6,19											
01Of+01Aj	ter	2º	2	5,00	10,00	10,93	72,00	67,65	1,08	1,06	1,08			5%			
			2	4,00	8,00	7,40											
01M.Of+01Aj	ter	2º	2	5,00	10,00	8,68	72,00	67,65	1,08	1,06	1,08				5%		
			2	4,00	8,00	6,38											
01Of+01Aj	qua	3º	2	5,00	10,00	7,86	108,00	93,93	1,37	1,15	-					5%	
			2	4,00	8,00	5,08											
01M.Of+01Aj	qua	3º	2	5,00	10,00	7,34	108,00	93,93	1,37	1,15	-						5%
			2	4,00	8,00	6,00											
01Of+01Aj	qui	4º	2	5,00	10,00	8,90	144,00	127,13	1,08	1,13	1,08	5%					
			2	4,00	8,00	8,40											
01M.Of+01Aj	qui	4º	2	5,00	10,00	8,52	144,00	127,13	1,08	1,13	1,08		5%				
			2	4,00	8,00	7,38											
01Of+01Aj	sex	5º	2	5,00	10,00	9,79	180,00	159,88	1,10	1,13	1,10			5%			
			2	4,00	8,00	6,38											
01M.Of+01Aj	sex	5º	2	5,00	10,00	8,42	180,00	159,88	1,10	1,13	1,10				5%		
			2	4,00	8,00	8,16											



**Figura 63 - Gráfico das RUPs diárias, cumulativas e potenciais da execução programada dos sub-ramais de distribuição de água fria nos apartamentos**

**Quadro 28 - Indicadores de produtividade programada da mão de obra e PPMO para a execução dos ramais de esgoto sanitário nos apartamentos após a realização do planejamento operacional**

FUNCIONÁRIOS	DIA	H	h	Hh	QS (m)	Hh Cum	QS (Cum)	RUP Diária	RUP Cum	RUP diária < RUP Cum	RUP Pot	PPMO
01Of;01Aj	seg	1º	2	5,00	10,00	13,60	36,00	45,34	0,79	0,79	0,79	10%
			2	4,00	8,00	9,59						
01M.Of;01Aj			2	5,00	10,00	13,60						
			2	4,00	8,00	8,55						
01Of+01Aj	ter	2º	2	5,00	10,00	9,09	72,00	77,59	1,12	0,93	-	
			2	4,00	8,00	8,31						
01M.Of+01Aj			2	5,00	10,00	8,63						
			2	4,00	8,00	6,22						
01Of+01Aj	qua	3º	2	5,00	10,00	9,31	108,00	114,28	0,98	0,95	-	
			2	4,00	8,00	8,82						
01M.Of+01Aj			2	5,00	10,00	10,75						
			2	4,00	8,00	7,81						
01Of+01Aj	qui	4º	2	5,00	10,00	10,13	144,00	153,07	0,93	0,94	0,93	
			2	4,00	8,00	9,79						
01M.Of+01Aj			2	5,00	10,00	10,29						
			2	4,00	8,00	8,58						
01Of+01Aj	sex	5º	2	5,00	10,00	10,59	180,00	190,53	0,96	0,94	-	
			2	4,00	8,00	8,74						
01M.Of+01Aj			2	5,00	10,00	9,31						
			2	5,00	10,00	9,31						



**Figura 64 - Gráfico das RUPs diárias, cumulativas e potenciais da execução programada dos sub-ramais de distribuição de ramais de coleta e transporte do esgoto sanitário nos apartamentos**

Nos Quadros 29 e 30 são apresentados os valores de produtividade da mão de obra (RUP potencial e RUP cumulativa) para os dois serviços analisados e considerando as etapas de Diagnóstico e Controle.

De acordo com os resultados apresentados, verificou-se que as equipes cumpriram as metas estabelecidas de produtividade e, conseqüentemente, de produção. Observou-se também a redução do indicador de perda da produtividade (PPMO), indicando que os problemas de gestão foram amenizados após o planejamento operacional destes serviços. Inclusive, observa-se que RUP cumulativa obtida no serviço de SPAF se situou num patamar inferior ao adotado após a etapa de diagnóstico (1,13 Hh/m *versus* 1,19 Hh/m).

Não observou-se diferenças significativas entre as RUPs potenciais obtidas na etapa de diagnóstico e a etapa de controle, indicando que as equipes já estavam trabalhando dentro de uma produtividade potencial factível e que o problema residia na má gestão dos serviços, ocasionando um distanciamento da RUP cumulativa em relação à RUP potencial destes dois serviços. Assim, a perda de produtividade da mão de obra (PPMO) foi reduzida significativamente

**Quadro 29 – Comparativo entre produtividade e PPMO antes e depois do planejamento operacional da execução do SPAF**

Etapa	Hh/m		%
	RUPcum	RUPpot	PPMO
Diagnóstico	1,38	1,00	38
Controle	1,13	1,08	5

**Quadro 30 – Comparativo entre produtividade e PPMO antes e depois da programação da mão de obra do SPES**

Etapa	Hh/m		
	RUPcum	RUPpot	PPMO
Diagnóstico	1,20	0,88	37
Controle	0,94	0,86	10

#### 6.4 Considerações finais acerca do capítulo

Nesse capítulo procurou-se aplicar e verificar durante o estudo de caso a eficiência do método de planejamento operacional proposto, percorrendo todas as etapas previstas neste durante a execução dos serviços.

Analisando-se os resultados encontrados, conclui-se que o ganho de produtividade da mão de obra foi significativo após a implementação da programação diária das atividades de cada equipe. Associa-se a este sucesso o comprometimento do gestor da obra em atuar de forma mais sistemática no controle dos serviços, procurando resolver os problemas que resultavam em tempos improdutivo. Com isto, as horas improdutivo foram reduzidas de 2,5 horas para aproximadamente 1 hora, o que representa, ainda, 11% de um dia de trabalho.

Assim, os resultados obtidos com a aplicação do método nestes dois serviços foram satisfatórios, ocasionando uma melhoria da produtividade da mão de obra (RUP cumulativa) na execução destes serviços na ordem de 20,1% e 27,7%, respectivamente.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria da Construção Civil atualmente vem vivenciando um momento muito especial, com uma grande demanda por obras de diversas naturezas, motivadas por ações governamentais na área de moradias e da expectativa de sediar grandes eventos mundiais, como é o caso da Copa do Mundo de Futebol e as Olimpíadas, que exigem grandes obras de infraestrutura dentre outras.

Este cenário positivo provocou (e está provocando) uma escassez de mão de obra qualificada para atender a demanda por obras em construção e que estão por ser executadas num futuro próximo. Assim, várias ações estão sendo empreendidas no sentido de se realizar treinamentos específicos, valorização da mão de obra pelas empresas construtoras, com aumento de salários e benefícios, entre outras, objetivando evita a rotatividade desta mão de obra em busca de melhores oportunidades.

Além destas ações, num cenário de escassez de mão de obra qualificada, as empresas construtoras e as prestadoras de serviços devem dimensionar corretamente as equipes de produção e fornecer condições para que o desempenho dos serviços seja cada vez melhor em termos de produtividade.

Este trabalho veio colaborar neste sentido, na medida em que apresenta procedimentos para o dimensionamento da mão de obra e para a programação das atividades num curto prazo, com estabelecimento de metas, reunidos no método para o planejamento operacional dos serviços relacionados aos sistemas prediais hidráulicos, sanitários e de gás combustível, serviços estes que, muitas vezes, são relegados a segundo plano pelos gestores em detrimento aos demais e que, por esta razão, apresentam grande potencial de melhoria quanto à produtividade da mão de obra.

Desta forma, acredita-se que os objetivos propostos neste trabalho foram cumpridos em resposta à questão de pesquisa formulada inicialmente. Tal afirmação está fundamentada no conteúdo ao longo deste trabalho no qual:

- apresentou-se um fluxograma detalhado de atividades, dividido em 3 etapas principais: Diagnóstico, Programação e Controle;
- para cada atividade contida neste fluxograma foram apresentados procedimentos;

- o método proposto foi aplicado em um estudo de caso, validando-o quanto à sua aplicabilidade e aos resultados de desempenho alcançados quanto à produtividade da mão de obra.

Evidentemente, há ainda lacunas do conhecimento a serem vencidas nesta temática, dentre as quais, destacam-se àquelas relacionadas ao prognóstico dos indicadores de produtividade da mão de obra levando-se em consideração os fatores potencialmente influenciadores e a determinação da melhor composição das equipes de execução quanto à relação oficial e ajudante. Tais conhecimentos potencializariam ainda mais o desempenho quanto à produtividade da mão de obra na execução destes serviços.

Além destes pontos, pode-se destacar também a necessidade de se identificar, com base em números de produtividade da mão de obra, a melhor estratégia de execução a ser adotada pelos gestores no que diz respeito à decisão de se executar plenamente os serviços em um pavimento antes de se avançar para o seguinte ou de se alocar as equipes para executar partes específicas destes serviços repetitivamente ao longo dos pavimentos.

Outro avanço operacional que poderia ser alcançado neste planejamento operacional diz respeito ao sistema de controle da quantidade de serviços executados pelas equipes. Uma vez feita a programação dos serviços, seu controle pode ser aprimorado com o uso de *kanbans*. Assim, na medida em que os serviços fossem executados, as equipes entregariam ao gestor os respectivos *kanbans*, não necessitando, portanto, da constante presença dos gestores no local de trabalho e mesmo assim propiciando informações importantes e, inclusive, que podem ser utilizadas para efeito de pagamento aos funcionários.

Infelizmente, esta técnica não foi passível de aplicação no estudo de caso, em função do tempo dedicado neste estudo e pelo fato de que se necessitaria de uma reestruturação mais ampla em termos de controle por parte dos gestores destes serviços nesta obra.

Este fato evidencia que, o sucesso da implantação do método, como para outras ferramentas de gestão, depende muito da sensibilização por parte da alta gerência das empresas e da conscientização de que a melhoria da produtividade da mão de obra consiste numa ação contínua não só na execução destes serviços, mas também nos demais.

Sem esta conscientização e apoio da alta direção, o sucesso da implantação do método não atinge sua plenitude. Mesmo assim, conforme ficaram evidentes no estudo de caso realizado, os benefícios podem ser significativos em termos de redução de custos para a empresa construtora e também para a empresa responsável pela execução destes sistemas.

As lacunas do conhecimento remanescentes e apontadas aqui poderão ser respondidas com a aplicação contínua e sistemática deste método em vários canteiros de obras de uma mesma empresa e de empresas diferentes, com modalidades de contratação da mão de obra distintas (mão de obra própria ou terceirizada). Assim, consolida-se a cultura da medição e controle da produtividade da mão de obra, assim como a inserção de novas ferramentas de controle da programação dos serviços, com a introdução da técnica de *kanbans*.

Como sugestões para estudos futuros, sugere-se que proposta de método semelhante possa ser desenvolvida para outros serviços de construção, além de se incorporar em todas as etapas do método proposto programas computacionais que possibilitem sua aplicação de forma mais facilitada, principalmente no que diz respeito à coleta de dados sobre produtividade da mão de obra.

# REFERÊNCIAS

AECweb. Disponível em: < <http://www.aecweb.com.br/projeto-hidraulico-ou-a-busca-da-excelencia/tematicos/artigos/1826/6>> acessado em: 10 set. 2010.

AKKARI, A. M. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSPROJECT**. Orientação de Carlos Torres Formoso. Brasil - Porto Alegre, RS. 2003. 146p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

AMORIM, S.V. **Sistema predial de gás combustível**. São Carlos, UFSCar, 2000. (Apostila da disciplina Instalações Prediais I do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos).

AMORIM, S.V.; ILHA, M. S. O. **Qualidade nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários e de gás combustível**. Manaus, Universidade do Estado do Amazonas, 2006. (Apostila do Curso de Especialização Lato Sensu Gestão)

ANTONIOLI, P. E. **Estudo crítico sobre subsídios conceituais para suporte do planejamento de sistemas de gerenciamento de facilidades em edificações produtivas**. 2003. 241p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ARO, C. R. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

ARO, C. R.; AMORIM, S. V. **As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. I conferência latino-americana de construção sustentável e X encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, julho, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Desempenho parte 6 - Sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14122**- Ramal predial - Cavalete galvanizado DN 20 – Requisitos. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160** - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844** - Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13714** - Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13932** - Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13933** - Instalações internas de gás natural (GN) - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198** - Projeto e execução de instalações prediais de água quente - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1993.

ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos da construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. 1996. 206p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

BENEDICTO, S. M. de O. **Desempenho de sistema predial de água quente**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

BONI, A. C. **Interfaces físicas entre os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, estruturais e vedações**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2010.

BOFF, R. J. **Planejamento estratégico: um estudo em empresas e instituições do Distrito Federal**. Brasil - Florianópolis, SC. 2005. 160 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. de A. **Instalações hidráulicas prediais**. Edgard Blücher. São Paulo, 1998.

BRENTANO, Telmo. **Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações**. 2 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005. 450 p.

CARRARO, F. **Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria**. Brasil, São Paulo, SP. 1998. 226p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 5 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991.

CUNHA, P. L. P.; PALIARI, J. C. **Dimensionamento da equipe de execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários: estudo de caso**. Brasil - Canela, RS. 2010. 10 p. ENTAC, 13º, Canela, 2010. Artigo técnico.

DANTAS, M.M. **Proposição de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. São Paulo, SP. 2006. 175p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ELUMA. Disponível em: < <http://www.eluma.com.br/>> acessado em: 26 out. 2010.

ENSHASSI, A.; MOHAMED, S.; MAYER, P.; ABED, K. **Reflective Practice Benchmarking masonry labor productivity**. International Journal of Productivity and Performance Management. v.56, n. 4, p.358-68, 2007.

FACHINI, A.; SOUZA, U. E. L. **Diretrizes para a programação operacional da execução de estruturas de concreto armado**. Brasil - Florianópolis, SC. 2006. 10p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 11., 2006, Florianópolis.

FACHINI, A. C. **Subsídios para programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. Brasil – São Paulo, SP. 2005. 214p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERNANDES, V. M. C.; GONÇALVES, O. M. **Análise do uso de válvulas de admissão de ar nos sistemas de esgotos sanitários brasileiros**. Brasil - Porto Alegre, RS. 2002. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 8p. Edição Especial sobre Sistemas Prediais.

FERREIRA, F.M.P.F.R. **Benefícios da aplicação da ferramenta CPM no planejamento operacional e no controle físico da produção na indústria da construção civil: subsector de edificações**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GABRI, Carlo. **Projetos e instalações hidro-sanitárias: segundo normas ISO - UNI - ABNT: para engenheiros, técnicos e especialistas do ramo**. [Manuale del tubista installatore]. Márcio Pugliesi (Trad.). [s.l.]: Hemus, 2004. 340 p.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Ed. Atlas, 5ª edição, 1991.

GISHI, E. **Instalações prediais de água fria**. Florianópolis, 2004. (Texto Técnico da Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Civil, ECV 5317 – Instalações I).

GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais: avanços conceituais e tecnológicos**. Técnica, Editora PINI, v.2, n12, p.30-34. Set. /Out., 1994.

Hee-Sung Park; Thomas, S. R.; Tucker, R. L. **Benchmarking of Construction Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, v.131, n.7, p.772-78, 2005.

HERNANDES, F. S. **Análise da importância de planejamento de obras contratantes e empresas construtoras**. Brasil - Florianópolis, SC. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

FARINA, H. **Formulação de diretrizes para modelos de gestão da produção de projetos de sistemas prediais**. Brasil - São Paulo, SP. 2002. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

- ILHA, M. S. O. **Qualidade dos sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo, EPUSP, 1993. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/07).
- ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M. **Sistemas prediais de água fria**. São Paulo, EPUSP, 1994a. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/08).
- ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente**. São Paulo, EPUSP, 1994b. (Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/09).
- KLIEMANN, F. J; BEBER, S.; SILVA, E.; DIÓGENES, M. **Princípios de Custeio: uma nova abordagem**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, 2004.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 3 ed. Sao Paulo: Atlas, 1991. 270 p.
- LAUFER, A. **Essentials of project planning: owner's perspective**. Journal of Management in Engineering. v. 5. n. 2. p. 162-176. 1990.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is a construction project planning really doing it's job? A critical examination of focus, hole and process**. Journal of management and economics. v. 5. n. 3. p. 243-266. 1987.
- LEOPARDI, Maria Tereza. **Metodologia de pesquisa na saúde**. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2002. 294 p.
- LIBRAIS, C.F. **Método prático para estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.
- LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M.; RADOS, G. V. **Custos na construção civil : uma análise teórica e comparativa**. Brasil - Florianópolis, SC. 1998. v.2 p. 399-406. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1998. Artigo técnico.
- LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científico S.A., 1997.
- MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da Construção Civil**. 2003. 264p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- MAEDA, F. M. **Produtividade da mão-de-obra nos serviços de revestimento interno de paredes e tetos em argamassa e em gesso**. Brasil - SAO PAULO, SP. 2002. 180p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MATOS, A. O.; PALIARI, J. C. **Produtividade na execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários utilizando pré-montagem das tubulações**. Brasil - Canela, RS. 2010. 10 p. ENTAC, 13º, Canela, 2010. Artigo técnico.
- MENDES JR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999. 235 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

MOURA, R. A. **Kanban: A Simplicidade do Controle da Produção**. 7ª Edição, São Paulo, Instituto de Movimentação e Armazenamento de Materiais, IMAN, 2007.

NOVAES, C.; MATTAR, D. **Estratégias competitivas: a automação residencial usada como estratégia de diferenciação**. Brasil - Florianópolis, SC. 2006. 10 p. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 11., 2006, Florianópolis.

NOVAIS, S. G., **Aplicação de Ferramentas para o Aumento da Transparência no Processo de Planejamento e Controle de Obra na Construção Civil**. Brasil - Florianópolis, SC. 2000. 103 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

OBATA, S. H. **Indicadores de produtividade da mão-de-obra para moldagem de estruturas de concreto armado e indicadores de qualidade de produtos moldados**. São Paulo, SP. 340p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, D. P. R. de. **Planejamento Estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. 9 ed. São Paulo, Atlas, 1995.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. São Paulo, 2008. 2v. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PALIARI, J. C.; SOUZA, U. E. L. **Indicadores de produtividade da mão-de-obra na execução dos sistemas prediais hidráulicos**. Brasil - Campinas, SP. 2007. CD ROOM. V SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 29-31 de outubro.

PEIXOTO, F. M. **Sistemas hidráulicos prediais: proposta de diretrizes para a racionalização do seu processo produtivo**. Porto Alegre, 2000. 130p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 8 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 362 p.

PRADO, R. L. **Aplicação e acompanhamento da programação de obras em edifícios de múltiplos pavimentos utilizando a técnica de linha de balanço**. Florianópolis, SC, 2002. 140f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

SANDERS, R. S.; THOMAS, H. R. **Factors affecting masonry-labor productivity**. Journal of Construction Engineering and Management. Vol.117, n.4, p626-644, 1991.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre-RS: Artes Médicas, 1996.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SERGIPE – SINDUSCON. **Convenção coletiva de trabalho**. Disponível em: < <http://www.sinduscon-se.com.br>> Acessado em: 25 de fevereiro de 2011.

SOUTO, R. G. **Gestão do processo de planejamento da produção em empresas construtoras de edifícios: estudos de caso.** Brasil - SAO PAULO, SP. 2006. 151p., Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, U. E. L. de. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra:** Manual de gestão da produtividade na construção civil. 3 ed. São Paulo: PINI Ltda., 2006. 100 p.

SOUZA, U. E. L. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil.** Brasil - Salvador, BA. 2000. v.1 p.421-428 il.. In: ENTAC, 8º, Salvador, 2000. Artigo técnico.

SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estrutura de concreto armado.** São Paulo, 1996. 280p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, U. E. L.; ARAÚJO, L. O. C.. **Uso de indicador de produtividade como avaliador da gestão de serviços de construção.** Brasil - Fortaleza, CE. 2001. 12p. Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2º, Fortaleza, CE, 2001. Artigo técnico.

SOUZA, U. E. L.; ALMEIDA, F. M.; SILVA, L. L. R. **O conceito de produtividade variável aplicado aos manuais de orçamento.** Brasil - São Carlos, SC. 2003. 7 p. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos, SP.

THOMAS, H. R.; SAKARCAN, I. **Forecasting labor productivity using Factor model.** Journal of Construction Engineering and Management. Vol.120, n.1, p228-239, 1994.

THOMAS, H. R.; ZAVRSKI, I. **Construction baseline productivity: theory and practice.** Journal of Construction Engineering and Management. Vol.125, n.5, p295-303, 1999.

THOMAS, H. R.; Yiakoumis, I. **Factor model of construction productivity.** Journal of Construction Engineering and Management. Vol.113, n.5, p623-639, 1987.

TIGRE. Disponível em: < <http://www.tigre.com.br/pt/index.php> > acessado em: 27 out. 2010.

VARGAS, Carlos Luciano S.; KRÜGER, José A.; HEINECK, Luiz Fernando M. et al. **Avaliação de produtividade e de perdas na construção civil : simulação utilizando modelo reduzido para demonstrar as vantagens do uso da linha de balanço na programação da obra e de inovações tecnológicas no canteiro.** Brasil - Florianópolis, SC. 1998. v.2 p. 159-168. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1998. Artigo técnico.

VAZQUEZ, E. G. **Sistemas prediais de distribuição de gás combustível.** Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. (Apostila do curso de graduação em engenharia civil).

YIN, Robert K., 1941-. **Case study research: design and methods.** 4 ed. Los Angeles: SAGE, 2009. 219 p.

WARSAWSKI, A. **Strategic Planning in Construction Companies.** Journal of construction of engineering and management. v. 122. n 2. p. 133-140. 1995.